

Ciel&espace

OFFERTE
**LA CARTE
DU CIEL**
DES NUITS DE
L'ÉQUINOXE

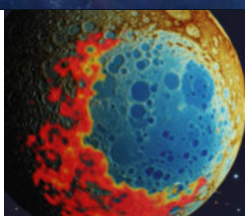
LA NOUVELLE CARTE 3D DE LA VOIE LACTÉE

NOTRE PLACE DANS LA GALAXIE



DÉCOUVERTE

LE JWST OBSERVE LA NAISSANCE
DES TROUS NOIRS MASSIFS



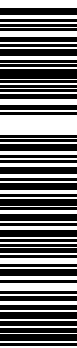
ENQUÊTE

AUX ORIGINES
DES MERS LUNAIRES

TEST EXCLUSIF

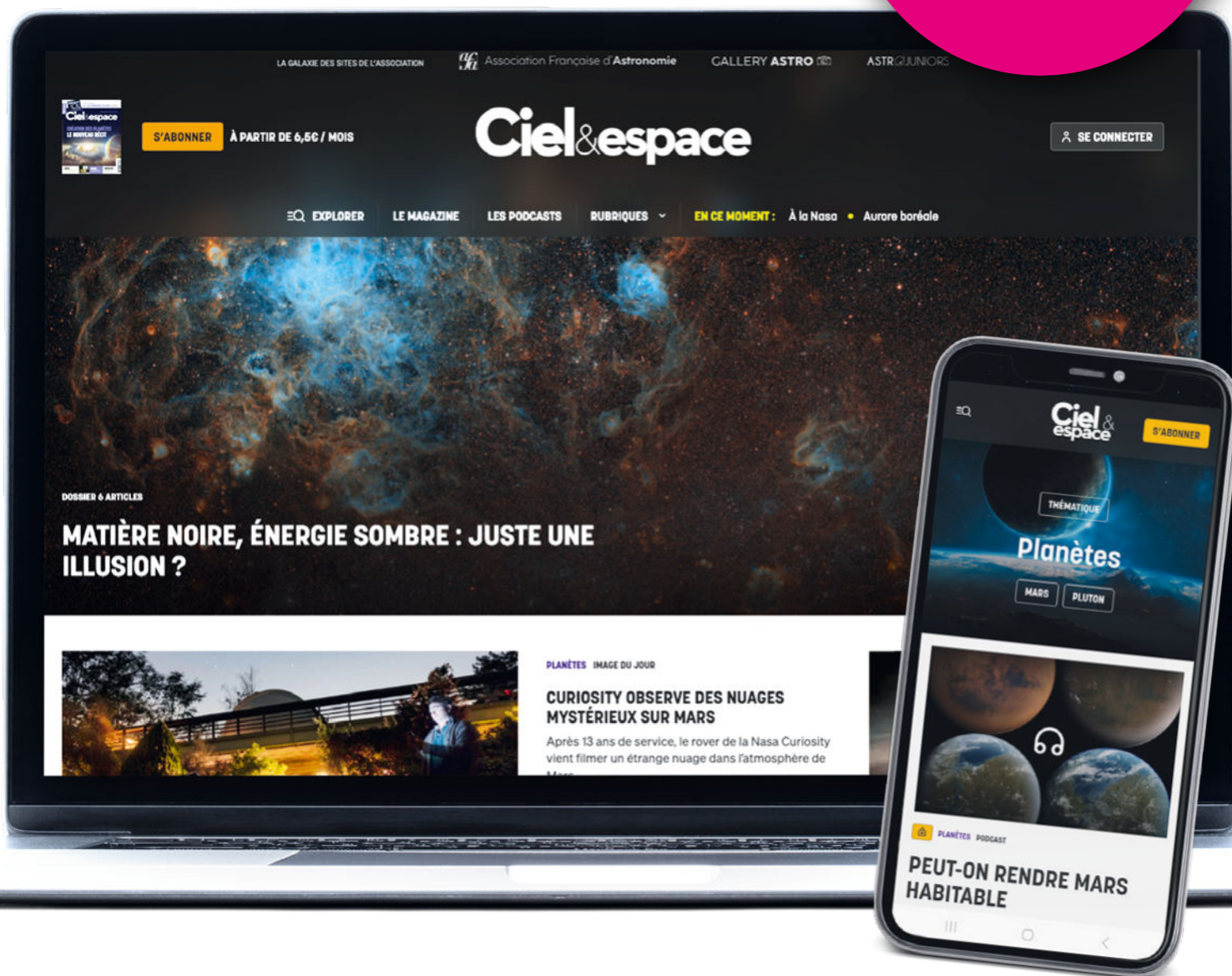
UN TÉLESCOPE FRANÇAIS
MODULABLE ET ÉVOLUTIF

L 13490 - 605 - F : 9,90 € - RD



Début 2026, le nouveau site
de **Ciel & Espace** arrive !

**Plus clair, plus
agréable à lire,
plus rapide**



Pensé pour les passionnés du ciel... comme pour les curieux

Nouvelles fonctionnalités, contenus enrichis, navigation simplifiée : tout a été imaginé pour vous offrir une meilleure expérience, sur ordinateur comme sur mobile.

www.cieletespace.fr

OMBRES ET LUMIÈRES

Alain Cirou,
directeur de la rédaction



Sans aucun doute l'année 2026 sera celle de l'éclipse! Éclipse : du grec *ekleipsis* qui signifie littéralement «une défaillance, un abandon». À coup sûr, un désordre, un trouble suffisamment important pour être remarqué par tous. Évidemment, nous ne parlons pas ici de politique — ce serait trop imprévisible — mais d'affaires célestes. Une occasion rare d'apprécier ce moment magique, à l'image de cette légende aborigène où le Soleil et la Lune sont amants et, par pudeur, ferment la lumière au moment de s'étreindre. Cette «obscurité du Soleil» touchera le continent européen trois fois de suite, les 12 août 2026, 2 août 2027 et 26 janvier 2028. Et en premier l'été prochain, en fin de journée, au moment où la France entière profite des grandes vacances. Nous reviendrons abondamment dans les prochains mois sur les circonstances de cet événement qui, pour nombre d'entre nous, rappelle celui du 11 août 1999, qui toucha une large bande du nord de l'Europe et de la France. Cette fois, c'est le sud du territoire qui connaîtra la plus forte phase partielle. Le Groenland, l'Islande et l'Espagne étant touchés par le pinceau d'ombre, c'est là que les amateurs de Soleil noir, s'ils le peuvent, tenteront de braver les aléas météo.

Ces jeux d'ombre et de lumière auxquels sont attachés tant de mythes et d'histoires extraordinaires fascinent aussi par la prévision de leur récurrence. Mais ce casse-tête mathématique qu'est le fameux «problème à trois corps» (la Terre, la Lune et le Soleil) dont on prévoit les mouvements en se basant sur les lois de la gravitation, n'est peut-être pas le plus compliqué à résoudre. Actuellement, les astronautes de la mission américaine Artemis 2 font confiance, eux aussi, à la théorie de Newton pour tourner autour de la Lune. Le premier voyage hors de l'attraction terrestre tenté par des humains en direction de Séléné depuis 54 ans est une mission destinée à marquer la suprématie et l'excellence technologique du nouveau continent à ses frontières

les plus éloignées. Mais il est aussi le faux-nez d'un «retour à la Lune» en grande difficulté. En réalité, la suite n'est ni prête, ni vraiment crédible. Le déploiement de l'atterrisseur lunaire dépend de la mise au point de la fusée Starship de Space X — laquelle est loin d'être opérationnelle —, et de

très nombreuses étapes critiques restent à franchir. Pire, l'empire chinois, qui s'est substitué à l'URSS comme la puissance à vaincre, déploie méthodiquement la grande échelle de son «rêve spatial», avec succès, et devrait tenter de débarquer ses premiers taïkonautes sur le régolite lunaire en 2029. C'est-à-dire, demain.

Quant à l'Europe spatiale, malgré un effort financier conséquent de la part de ses États membres, elle reste dépendante pour le vol habité de son partenariat avec l'Amérique de Trump. Lequel sabre sans vergogne les moyens de la Nasa et de la science et s'inscrit dans une idéologie d'expansion dont la «*destinée manifeste*» est la conquête de nouveaux territoires. Ce sera au final Mars la rouge, un défi à la hauteur des obstacles à franchir.

Aujourd'hui, les trajectoires des ambitions spatiales de ces grandes puissances restent imprédictibles. Parce qu'elles ne suivent pas des lois physiques, mais des récits. Tous différents. Et parce que l'accès à la Lune reste difficile, coûteux, le prestige que confère la maîtrise des technologies de pointe est mis en scène d'une manière onirique. Alors, tout au long de cette année, il faudra encore et toujours distinguer l'information de la propagande — *Ciel & espace* et son prochain nouveau site internet sont une source précieuse pour y parvenir —, différencier le réel du récit épique. Bref, deviner la taille des ombres cachées par la lumière des projecteurs. Un clin d'œil malicieux à l'éclipse dont on sait que, quoi qu'il arrive, elle ne sera pas remise à une date ultérieure.

Au nom des équipes de *Ciel & espace* et de l'AFA, formidable année et très beaux ciels à toutes et à toutes.

Ils sont au générique de ce numéro



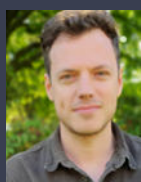
PHILIPPE HENAREJOS

Avant de devenir journaliste formé dans la presse quotidienne régionale, Philippe Henarejos, rédacteur en chef, a été astronome amateur depuis le plus jeune âge. Destination : la Lune. Il suit donc de près tous les programmes spatiaux lunaires. Et l'actualité de tout l'Univers...



ÉMILIE MARTIN

Passionnée de journalisme de terrain, Émilie Martin est notre reporter. Observatoires, centres spatiaux, laboratoires et astronomes en mission sont ses sujets de prédilection, également pour des documentaires qu'elle coécrit pour la télévision.



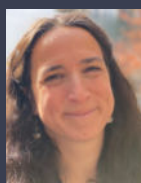
GUILLAUME LANGIN

Passé par un grand groupe aérospatial, puis un observatoire astronomique, Guillaume devient journaliste en 2018. Il intègre la rédaction de *Ciel & espace* l'année suivante. De l'orée des trous noirs aux cabrioles en orbite basse, il filtre l'info avec une méthode simple : douter de tout ce qu'il lit, voit et entend !



STÉPHANE FAY

Passionné par l'astronomie et plus particulièrement par la cosmologie, Stéphane l'étudie depuis 1995. Il est l'auteur d'une quarantaine d'articles de recherche et partage sa passion avec les lecteurs de *Ciel & espace* depuis 2004.



MYRIAM DÉTRUY

Journaliste pigiste depuis vingt ans pour *Ciel & espace*, Myriam aime se pencher aussi bien sur l'horizon d'un trou noir que sur le mystère astronomique posé par de vieux morceaux de bronze trouvés au fond de la mer.



PIERRE GIRAudeau

Passionné de physique depuis toujours, Pierre s'est lancé dans le journalisme scientifique après une formation d'ingénieur nucléaire.



LAURENT SCHAFER

Journaliste-illustrateur, Laurent est l'auteur des bandes dessinées *Quantix* (2019), *Infinix* (2021) et *Cosmix* (2024), aux éditions Dunod. Ces BD explorent notre étrange réalité quantique et relative, tout en s'interrogeant sur notre place dans l'Univers.



DAVID FOSSÉ

Docteur en astrophysique, notre rédacteur en chef adjoint a troqué un temps son télescope d'amateur contre les radiotélescopes géants. Aujourd'hui, il explore toutes les facettes de l'astronomie avec sa plume. Il est aussi la voix des podcasts de *Ciel & espace*.



JEAN-LUC DAUVERGNE

Jean-Luc est astronome amateur aguerri et passionné de photographie. Il est notre expert ès télescopes. Mais avant tout, il est journaliste scientifique spécialisé en astronomie, auteur d'ouvrages, de documentaires et de contenus de vulgarisation sur YouTube.



OLIVIER HODASAVA

Directeur artistique de *Ciel & espace*, il joue avec textes et photographies. Il aime à remonter le temps en découvrant archives et images anciennes. Il est l'un des membres fondateurs de l'Ouvroir de cartographie potentielle, et l'auteur de trois romans publiés aux éditions Inculte.



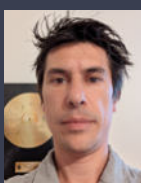
EMMANUEL BEAUDOIN

Enseignant-chercheur en physique à l'université Paris-Saclay, il contribue à l'étude des atmosphères planétaires. Il observe et photographie le ciel depuis plus de quarante ans. Auteur de plusieurs ouvrages de vulgarisation sur l'astronomie, il est également conférencier et anime des ateliers pédagogiques.



MATHIS DE GÉA

Ingénieur de formation, Mathis a d'abord été un fervent lecteur de *Ciel & espace* avant d'y faire ses premières armes lors d'un stage en 2022. Aujourd'hui journaliste, il partage régulièrement sa passion pour l'astronomie dans les pages du magazine.



BRICE HAZIZA

Médiateur scientifique habitant Laniakea, Brice Haziza est passionné de cosmologie, de physique stellaire et d'histoire de l'astronomie.



Revue de l'Association
française d'astronomie

17, rue Émile-Deutsch-de-la-Meurthe 75014 Paris
Tél. : 01 45 89 81 44.
www.cieletespace.fr

Directeur de la publication : le président de l'AFA, Olivier Las Vergnas

Directeur de la rédaction : Alain Cirou, alain.cirou@cieletespace.fr

Rédacteur en chef : Philippe Henarejos, philippe.henarejos@cieletespace.fr

Rédacteur en chef adjoint : David Fossé, d.fosse@cieletespace.fr

Chef-fes de rubrique : Jean-Luc Dauvergne, jl.dauvergne@cieletespace.fr
Émilie Martin, e.martin@cieletespace.fr

Rédacteur : Guillaume Langin, guillaume.langin@cieletespace.fr

Ont collaboré à ce numéro :

Stéphane Fay, Pierre Giraudeau, Mathis De Géa, Myriam Détruy, Emmanuel Beaudoin

Secrétaire de rédaction : Emmanuelle Lancel, e.lancel@cieletespace.fr

Direction artistique : Olivier Hodasava, o.hodasava@cieletespace.fr
assisté de Florence Can

Publicité et développement commercial : Pauline Alcouffe, pauline.alcouffe@afastronomie.fr

Contact photo : Nicolas Franco, contact@galleryastro.fr

Comptabilité : Sandrine Dorbais, s.dorbais@cieletespace.fr - 2

Contact diffuseurs de presse : Destination média.
Tél. : 01 56 82 12 04.

Abonnement : Ciel & espace c/o Opper CS 60003, 31242 L'Union Cedex. Tél. : 05 34 56 35 60 (10 h-12 h/14 h-17 h).

Site : www.cieletespace.fr/abonnement

Abonnement Canada : Express Mag, 3339 rue Griffith, Saint-Laurent QC H4T 1W5. Tél. : (1800) 363-1310 ou (514) 355-3333.

Mail : expsmag@expressmag.com.

Abonnement États-Unis : Express Magazine, PO Box 2769 Plattsburgh (New York) 12901 - 0239. Tél. : (1800) 363 1310 ou (877) 363 1310.

Mail : expsmag@expressmag.com.

ISSN n° 0373-9139.
CPPAP n°1028 G 83672. Imprimé en France par Agir Graphic 53000 Laval. Distribué par les MLP. N° 605, 2/2026. Dépôt légal à parution. © 2026 AFA

Encart : la Carte des Nuits de l'équinoxe, page 131.



Papier certifié
FPC.
Origine :
Autriche et
Finlande.
Fibres
recyclées : 0.
P tot. : 0,01 kg/t
(couverture) et
0,1 kg/t (intérieur).



sommaire

3

ÉDITORIAL

6

L'IMAGE À REMONTER LE TEMPS

Une recette extra(terrestre)

8

LIRE, VOIR

Laurence Honnorat :
« Hubert Reeves adorait raconter des blagues »

12

AGENDA

L'actualité de la culture



14

BANDE DESSINÉE

La vie sur Mars ? (partie 1)

16

ÉCHOS DU CIEL

Baptiste Chide : « Sur Mars, les tourbillons de poussière produisent des étincelles »

Une explosion d'étoile vue avec une précision inégalée

Les trous noirs ne mangent pas proprement

Un impact sur la Lune en 2032 concernerait aussi la Terre

27

DRÔLES D'IDÉES

Tester une bombe à trou noir en laboratoire



38 DOSSIER

Notre place dans la galaxie

40 Gaia dessine la carte de la Voie lactée

44 Un petit coin de galaxie

50 Les principales étoiles proches

52 Des millions de trous noirs à débusquer

56 Rendez-vous manqué avec les extraterrestres

28

À LA VITESSE DE LA LUMIÈRE

30

TOUT IMAGE

58

ENQUÊTE

Uranus et Neptune, deux planètes au cœur mystérieux

62

EN PROFONDEUR

Ces supergéantes qui se cachent pour mourir



66

ENQUÊTE

L'ultime âge d'or des chasseurs d'astéroïdes

72

EN PROFONDEUR

L'histoire de la Lune se dévoile grâce au bassin Pôle Sud-Aitken

76

DÉCOUVERTE

Les petits points rouges du JWST, sources de trous noirs supermassifs

80

PORTFOLIO

Une équipe de choc sous le ciel du Chili

88

HISTOIRE

Caroline Herschel, dans l'ombre du frère

94

VOUS ÊTES ICI

Le volcan de Io Hi'iaka Patera

100

DU CÔTÉ DE L'AFA

Voyagez dans le temps avec les Nuits de l'équinoxe !

104

PREMIER CONTACT

Les Hyades, un amas très proche et encore plein de secrets



108

OBSERVATION

M 42, le grand oiseau d'Orion

112

TEST

Le Sevunscope, un télescope modulaire

118

OUVERT LA NUIT

Vos plus belles photos du ciel

126

DANS LE CIEL

Les rendez-vous étoilés de ces deux mois

130

À L'ŒIL NU

Abîme cosmique

Couverture : © P. Carril



Prochaine parution le **13 mars**



UNE RECETTE EXTRA(TERRESTRE)

On pourrait croire à la préparation d'un gâteau. Il n'en est rien. Ce qui est photographié ici est la fabrication d'un disque appelé à voyager, telle une bouteille à la mer interstellaire, à la rencontre de civilisations lointaines.

Olivier Hodasava

En 1977, doivent être lancées les sondes Voyager 1 et Voyager 2, appelées à explorer les confins du Système solaire avant de s'aventurer bien au-delà dans le vide intersidéral. Elles embarqueront un message de l'humanité destiné à d'hypothétiques civilisations extraterrestres qu'elles seraient amenées à croiser. Une commission présidée par Carl Sagan, grand vulgarisateur de l'astronomie, et à laquelle participera Frank Drake, futur fondateur de l'Institut Seti, sélectionne le contenu de ce message pensé comme un témoignage de la diversité de la vie sur notre planète : photographies de la Terre, d'humains, de la nature, enregistrements sonores du tonnerre ou de cris d'animaux, musique classique ou populaire, de Mozart à Chuck Berry. Ces informations seront gravées sur des disques de 30 cm de diamètre, celui des 33 tours en vogue à l'époque. Les disques seront en cuivre plaqué or, et accompagnés de stylets pour les lire. L'or, choisi pour son inaltérabilité, permettra

de passer l'épreuve du temps. Ces disques sont prévus pour durer un milliard d'années. Détail révélateur de l'époque, leur fabrication ne se fera pas dans une salle blanche aseptisée. Elle sera artisanale, se déroulera d'abord à Créteil, en banlieue parisienne, puis chez des sous-traitants de CBS Records aux États-Unis. Ainsi seront façonnés ces porte-paroles de notre civilisation alors qu'elle aura elle-même sans doute disparu depuis longtemps déjà.

Près de cinquante ans plus tard, les deux sondes Voyager sont à plus d'une centaine d'unités astronomiques de la Terre, mais il faudra quarante mille ans cependant avant qu'elles n'approchent d'un autre système planétaire. Les dimensions de l'Univers appellent à la patience. La lecture des disques devra encore attendre. ☺

Les photographies de la fabrication des disques sont réunies sur un des sites de la Nasa : <https://science.nasa.gov/mission/voyager/making-of-the-golden-record/>



Les disques des sondes Voyager ont effectué de nombreuses pérégrinations terrestres avant leur envol vers l'espace en 1977. La société Pyral SA, basée à Créteil en France, a façonné et fourni leur matrice au JVC Cutting Center, sous-traitant de CBS Records installé à Boulder (Colorado). C'est là que les masters en cuivre ont été fabriqués, puis gravés (photo principale). Les disques sont partis ensuite au centre de traitement James G. Lee, à Gardena (Californie), où a été réalisé le plaquage en or. Après cette dernière étape, ils ont été expédiés au JPL afin d'être placés sur les deux sondes. © Nasa/JPL-Caltech



© Marili Clark

LAURENCE HONNORAT : « HUBERT REEVES ADORAIT RACONTER DES BLAGUES »

Elle a eu la chance de faire partie du cercle d'amis proches de Hubert Reeves pendant ses vingt dernières années. Dans cet hommage traversé de nombreux témoignages, Laurence Honnorat livre un portrait pointilliste et touchant de l'inoubliable astrophysicien.

Propos recueillis par David Fossé

Hubert Reeves est décédé en 2023. Quand avez-vous décidé d'écrire ce livre ?

On m'a sollicitée plusieurs fois, j'ai hésité pendant un an avant de me lancer. Je connaissais bien Hubert Reeves, je faisais partie des personnes qui le côtoyaient tout le temps, mais je n'avais jamais écrit de livre, et puis sans doute d'autres y pensaient déjà. Finalement, je me suis dit que plus il y aurait d'ouvrages pour raconter Hubert et transmettre son héritage, mieux ce serait. J'ai alors commencé à interviewer de nombreuses personnes, une quarantaine, en commençant par sa famille au Québec, où il retournait tous les ans.

Vous avez choisi une forme particulière, avec du texte en plusieurs couleurs, des photos, des poèmes, et même des blagues. Qu'est-ce qui a guidé votre choix ?

Il y a un fil conducteur, et puis effectivement de nombreuses citations que je présente en vert, en bleu et en noir, selon qu'il s'agit de témoignages de ses amis et de ses proches, de ses propres paroles, ou de citations d'auteurs. S'il y a des photos, des poèmes, des paroles de chansons et même des blagues, c'est parce que je voulais que ce livre soit à l'image d'Hubert, polyphonique. Les photos, par exemple, montrent des lieux qu'il chérissait, comme le lac Louise, dans les Rocheuses canadiennes, ou le jardin

de son domaine de Malicorne. Les poésies et les paroles de chansons sont celles qu'il aimait. Et s'il y a des blagues, c'est parce que Hubert adorait raconter des blagues !

Vraiment ?

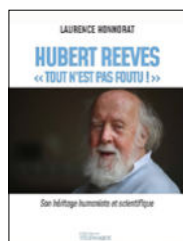
Par exemple, quand il était invité à donner une conférence, pendant le dîner qui la précédait, il ne parlait jamais de science. Il ne voulait surtout pas dévoiler la suite. Alors, il racontait des blagues. Les histoires drôles étaient pour lui une façon d'établir une connexion sur la base d'une sorte de dénominateur commun. Tout le monde peut comprendre une blague. Ce besoin de faire ensemble et de se connecter vraiment à son interlocuteur s'exprimait en toute circonstance. Lorsqu'il disait « *Comment vas-tu ?* », ce n'était pas une question en l'air, une formule de politesse. Il voulait vraiment savoir comment vous alliez. Parce que, je crois, il considérait qu'il ne pouvait pas échanger, raconter, transmettre, sans être vraiment avec l'autre.

Peut-on dire que transmettre a été sa passion ?

Oui, jusque dans ses dernières années. Et il mettait beaucoup de soin à être compris. Quand il voulait se lancer dans un nouveau livre, Hubert commençait par écrire un PowerPoint et faisait une petite conférence privée à quelques personnes. Et à la fin : « *Qu'est-ce que tu en penses ? Est-ce que tu as compris ? Est-ce qu'il y a une chose que tu n'as pas aimée ?* » Il était très attentif aux retours qu'on pouvait lui faire. Il ne voulait laisser personne sur le chemin.

Pourquoi ce titre, « *Tout n'est pas foutu* » ?

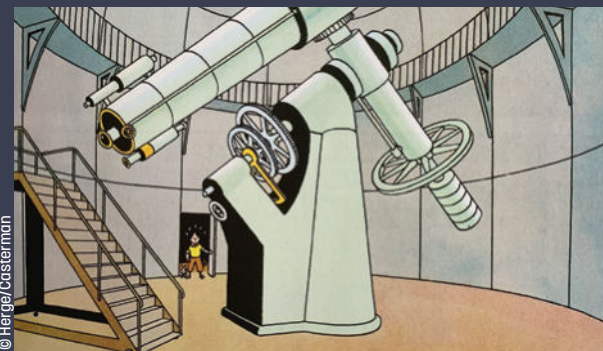
Hubert a été l'un des premiers à tirer la sonnette d'alarme sur les périls qui menacent la biodiversité. Sa conscience écologique était si forte, et il en était tellement imprégné, que la situation a fini par le déprimer. Il a d'ailleurs été dépressif toute sa vie. Sans doute parce qu'il était extrêmement sensible. Toujours est-il qu'à un moment il s'est dit qu'il fallait faire confiance à l'humanité pour trouver la façon de contrecarrer le poison qu'elle avait produit. Il a fait sienne la phrase de Hölderlin, « *Là où croît le péril, croît aussi ce qui sauve* ». La jeune génération devait avoir confiance, ne pas se résigner, prendre sa plume et écrire la suite de l'histoire. « *Tout n'est pas foutu* », il le répétait souvent.



HUBERT REEVES,
« TOUT N'EST PAS FOUTU »

Laurence Honnorat /
éditions Télémaque /
350 p. / 23 €

POURQUOI IL FAUT RELIRE...



L'ÉTOILE MYSTÉRIEUSE

« *Aimez-vous les caramels mous ?* » En 1942, année de première publication du 10^e album des Aventures de Tintin, une découverte scientifique se fêta plutôt sobrement... C'est avec ces friandises que le professeur Hippolyte Calys entend se féliciter d'avoir détecté un nouvel élément chimique, le calystène, dans le spectre lumineux issu d'un astéroïde. Problème, ce dernier fonce droit vers la Terre, promise à sa destruction. Mais l'astre épargne finalement la planète et permet à Tintin de mener une aventure qui, 84 ans plus tard, ne paraît pas entièrement désuète. Certes, les astronomes ne seraient plus seulement incarnés aujourd'hui par des hommes chauves, barbus à lunettes — il n'y avait de toute façon presque aucune femme dans les histoires d'Hergé... Mais la grande lunette de l'Observatoire (belge ou français, Tintin ne le dit pas) évoque assez celle de Meudon, remise en état de marche début 2025 par une équipe de l'observatoire de Paris. Tandis que l'Agence spatiale européenne vient d'annoncer la découverte du 40 000^e astéroïde « géocroiseur », l'expédition dans laquelle s'engage Tintin pour planter son drapeau sur celui qui a atteint la Terre est une course haletante. Elle rappelle celle dans laquelle sont embarqués de nos jours ces chasseurs de météorites souhaitant être les premiers à mettre la main sur les pierres tombées du ciel. D'autant qu'aujourd'hui, comme dans *L'Étoile mystérieuse*, les astronomes parviennent parfois à prédire l'arrivée de ces bolides !

Guillaume Langin

L'ÉTOILE MYSTÉRIEUSE

Hergé / Casterman / 64 pages / 12,50 €

BANDE DESSINÉE

L'UNIVERS EN TRÈS GRANDES CASES

LE PUBLIC

Pour ados et adultes.

EN RÉSUMÉ

Montant progressivement dans les échelles de grandeur du cosmos, le vidéaste scientifique Théo Drieu de la chaîne YouTube « Balade mentale » fait découvrir par cette bande dessinée l'ensemble des objets qui composent l'Univers. Planètes, étoiles, galaxies, amas... L'accent est mis sur la taille monumentale de ces astres et les distances faramineuses qui les séparent.

NOTRE AVIS

L'espace est immense. Si vous n'avez pas retenu la leçon en fermant cette bande dessinée, c'est que vous ne savez pas lire. L'auteur en fait la démonstration une centaine de fois, usant de très (parfois trop) nombreuses analogies plus ou moins bien senties, afin de faire toucher du doigt ce que sont des années-lumière ou des milliards de milliards de kilomètres... Partir du plus local (la taille d'un alligator) au plus global (la taille de l'Univers entier) n'est pas des plus original, mais cela a le mérite de présenter le bestiaire du cosmos de façon exhaustive, quasi encyclopédique. Sans éléments de narration particuliers, il en résulte une BD finalement assez peu divertissante. Mais un livre instructif et très beau, grâce au travail réussi de l'illustratrice. Somme toute, un bel objet pour qui voudrait tenir entre ses mains... l'Univers tout entier!

GL



VOYAGE DANS L'INFINIMENT GRAND

Théo Drieu, Giulia Mammone /
Delcourt / 160 p. /
24,50 € / ★★☆☆

LIRE, VOIR

HISTOIRE

LE VOL HABITÉ AU FÉMININ

LE PUBLIC

Ce livre peut être lu par quiconque s'intéresse à l'espace. On le recommande spécialement aux jeunes passionnées d'astronautique en quête de modèle.

EN RÉSUMÉ

Charles Frankel connaît bien le monde des astronautes, il a d'ailleurs rencontré la plupart des héros d'Apollo. Ici, il raconte l'histoire de la conquête spatiale à travers ses héroïnes, pour qui voler dans l'espace fut une double conquête. Après le vol de Valentina Terechkova, le 16 juin 1963, il fallut en effet attendre 19 ans pour qu'une autre femme rejoigne l'espace ! En cause, le sexisme à l'œuvre de part et d'autre du rideau de fer... De Svetlana Savitskaïa (deuxième femme astronaute en 1982 et première femme à effectuer une sortie dans l'espace) à Wang Yaping (pressentie en Chine pour débarquer sur la Lune), de Sally Ride (première Américaine dans l'espace) à Claudie Haigneré, Charles Frankel tisse un récit ponctué de prouesses et de drames, incarné par des pionnières hors du commun. L'ouvrage se termine sur un chapitre consacré au retour annoncé sur la Lune, il sera féminin, puis un autre à l'objectif martien avec cette question : quel équipage pour surmonter les défis d'un si long voyage ?

NOTRE AVIS

Très agréable à lire et instructif, cet ouvrage ne pêche peut-être que par son titre, la future épopée lunaire et le rôle des femmes n'y occupant qu'une vingtaine de pages.

DF



UNE FEMME SUR LA LUNE

Charles Frankel /
Dunod / 210 p. / 16,90 € /

★★★★

ESSAI

L'EXOBILOGIE DES SAVANTS

LE PUBLIC

Pour les fans de la discipline ou les étudiant.es en sciences.

EN RÉSUMÉ

Sous la houlette de l'astrochimiste Hervé Cottin et de l'astrophysicienne Muriel Gargaud, vingt-huit spécialistes de différentes disciplines (planétologie, biologie, épistémologie...) ont uni leurs savoirs pour produire une bible de l'exobiologie. En dix chapitres touffus, ces scientifiques déchiffrent la recette qui a pu conduire à l'émergence de la vie sur Terre, explorent les limites du vivant et les possibilités d'une vie ailleurs.

NOTRE AVIS

Exhaustif, bien construit, ponctué de schémas et de focus pour aller plus loin (la mission Rosetta, le paradoxe de Fermi, Darwin...), l'ouvrage est une mine d'informations à la pointe de l'actualité. Il est néanmoins un peu trop riche et érudit pour être à la portée de tous les publics. Les schémas, en particulier, sont parfois difficiles d'accès et l'ensemble fait davantage penser à un manuel scolaire qu'à un ouvrage de vulgarisation. Le « voyage dans le temps et dans l'espace » promis est donc réservé à un lectorat initié.

EM



LE GRAND LIVRE DE L'EXOBILOGIE

Sous la direction d'Hervé Cottin et de Muriel Gargaud / Belin / 350 p. / 36 € / ★★★★★

HISTOIRE

LA PREMIÈRE FAKE NEWS SUR LA LUNE

LE PUBLIC

Ce livre s'adresse aux personnes qui souhaitent acquérir une solide documentation sur un fait historique qu'ils connaissent déjà, mêlant la presse et l'astronomie.

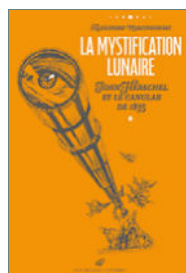
EN RÉSUMÉ

L'ouvrage narre en détail la diffusion d'une fausse histoire à sensation dans la presse de 1835 : la découverte d'une civilisation sur la Lune ! Ce récit publié dans *The New York Sun* est bien ficelé par son auteur, Richard Adams Locke, qui le saupoudre d'avancées technologiques possibles par des scientifiques bien réels et surtout qui attribue la découverte à l'éminent John Herschel, alors en voyage en Afrique du Sud. *La mystification lunaire* est divisé en trois parties : France, Amérique et Afrique du Sud, pour décrire comment la première « fake news » de l'histoire s'est répandue sur ces territoires.

NOTRE AVIS

Alexandre Marcinkowski a effectué un gros travail de documentation qui fait de son ouvrage une source de référence sur l'affaire du *Moon hoax* (canular lunaire). Le contexte politique et sociétal de l'époque est bien décrit. De même que la manière dont Richard Adams Locke a élaboré son canular journalistique. Sans doute est-il dommage d'avoir commencé par la France, ce qui nuit à la clarté de l'exposé des faits et à la fluidité de la narration. Un conseil : débutez votre lecture par la partie Amérique.

PH



LA MYSTIFICATION LUNAIRE

Alexandre Marcinkowski / Les Belles Lettres / 240 p. / 19,90 € / ★★★★★

ET AUSSI...



ESSAI

HOMO SOLARIS

Pierre-José Billotte / Fayard / 290 p. / 23 €

Pour l'auteur, il n'y a pas l'ombre d'un doute : les affaires spatiales vivent aujourd'hui une révolution telle que l'humanité est en passe de devenir multiplanétaire. Essai enthousiaste et instructif, bien qu'émaillé de raccourcis. Car la route vers les planètes est encore longue...

GL

HISTOIRE

CASSINI, L'ASTRONOME ET LA SONDE SPATIALE

Suzanne Débarbat, édité par James Lequeux / EDP Sciences & observatoire de Paris-PSL / 180 p. / 29 €

Malgré un effort d'édition louable (dont l'ajout d'une bibliographie de quarante pages!), James Lequeux peine ici à transformer le premier jet de sa collègue disparue Suzanne Débarbat, spécialiste de Jean-Dominique Cassini, en grande biographie scientifique. C'était sans doute mission impossible. Celle que mérite très certainement le grand astronome reste donc à écrire.

DF

ESSAI

PETITE HISTOIRE DE LA COSMOLOGIE

Françoise Combes / CNRS Éditions / 300 p. / 11 €

Astrophysicienne et présidente de l'Académie des sciences, Françoise Combes retrace ici l'évolution de notre compréhension de l'Univers, des mythes anciens aux modèles contemporains. Un récit clair qui éclaire la quête humaine du Tout.

JLD



Jupiter règne sur le ciel au début du printemps. © Nasa

TROIS NUITS D'ANIMATIONS



L'Association française d'astronomie (AFA) et les clubs et associations du pays organisent trois soirées d'observation du ciel, au moment où le jour redevient plus long que la nuit dans l'hémisphère Nord. C'est-à-dire juste après l'équinoxe

de printemps. À l'instar des « Nuits des étoiles » en été, ces « Nuits de l'équinoxe » sont l'occasion de mettre l'œil à l'oculaire d'un télescope, guidé par les centaines de médiateurs passionnés. L'AFA met l'accent en 2026 sur le « voyage dans le temps » auquel se livrent les astronomes quand ils regardent le ciel. « *Par la durée que met la lumière à traverser l'espace jusqu'à nos yeux, nous voyons les étoiles telles qu'elles étaient dans le passé* », explique Loïc Rossi, chargé de projets à l'AFA. Outre les constellations, la planète Jupiter brille fortement quelques semaines après son éclat maximal atteint le 10 janvier. Les trois premiers couchers du Soleil du printemps s'accompagnent d'un croissant de Lune fin et discret, non loin de l'étréscillante Vénus.

LES NUITS DE L'ÉQUINOXE

Les 20, 21 et 22 mars 2026

Centaines d'activités gratuites partout en France sur

www.afastronomie.fr/nuits-equinoxe

AGENDA

CONFÉRENCE COSMOLOGIQUE

Paris 14^e (75) – 3 février à 19 h 30

« Le modèle cosmologique standard : entre succès et tensions », par Jean-Philippe Uzan, dans le cadre des conférences mensuelles de l'Institut d'astrophysique de Paris, boulevard Arago.

Réservations : conferences@iap.fr

www.iap.fr/science/conferences

OBSERVATIONS DU CIEL

La Bazouge-des-Alleux (53) –

13, 20 février et 20 mars

Observations publiques à l'Espace de loisirs Yvon Boutruche, en compagnie des membres de l'Observatoire populaire de Laval. Possibilité d'apporter son propre télescope pour bénéficier de conseils. Réservation recommandée.

06 81 87 40 10 ;

www.oplastronomie.org

La Bazouge-des-Alleux

LES OUVERTURES

Toulouse (31) –

5 février, 12 mars

Conférences « Des étoiles à l'hôpital » et « Matériaux pour l'aéronautique et le spatial de demain ? » à l'auditorium Marthe Condat de l'université Toulouse III, dans le cadre des « Ouvertures » consacrées à l'espace en 2026. Projections de films spatiaux la veille.

www.univ-tlse3.fr/culture/diffusion-des-savoirs

Toulouse

SOIRÉES GALACTIQUES HIVERNALES

Pic du Midi / La Mongie (65) –

10, 17, 24 février et 3 mars

Séance de planétarium et visite de l'observatoire du Pic du Midi en journée, suivies d'une soirée d'observation du ciel à La Mongie au cœur de la Réserve de ciel étoilé.

Adulte 80 €, 5-17 ans 65 € ;

<https://picdumidi.com>

La Mongie



@ Y. Legrand



EXPOSITION CÉLESTE

Thann-Cernay (68) – jusqu'au 28 février

Projections numériques, exposition photo et casques de réalité virtuelle composent l'exposition « Étoiles, nuit et cosmos : une odyssée céleste » à la médiathèque de Thann-Cernay. Tout public. Gratuit sur inscription. 03 89 35 73 20 ;

<https://mediatheques.thann-cernay.fr>

JOURNÉE DE L'OCCASION EN ASTRONOMIE

Saint-Albin-de-Vaulserre (38) – 21 mars de 8 h 30 à 19 h

Grand marché annuel de l'occasion pour astronomes amateurs et professionnels. Ventes et échanges d'instruments, ateliers techniques, démonstrations. RDV à la salle des fêtes. 5 € ; contact@sciencesnat-bj.fr

SOIRÉES D'OBSERVATION DU CIEL

Grenoble (38) – 19 février et 19 mars

Soirées mensuelles d'observation et d'initiation à l'astronomie depuis le belvédère du centre de sciences Cosmocité. Entre 10 et 15 € ; www.cosmocite.fr

SAINT-VALENTIN SOUS LES ÉTOILES

Saint-Michel l'observatoire (04) – 14 février à 18 h ou 21 h 30

Séance de planétarium, puis observations aux télescopes, conçues pour les couples par le Centre d'astronomie. Programme de remplacement en cas de météo défavorable. Sur réservation.

70 € pour deux ;

www.centre-astro.com



BD ET ASTRO AU CENTRE EDEN

Gaëlle Alméras est lauréate du prix André Brahic du livre d'astronomie jeunesse, décerné par *Ciel & espace* en 2019 pour sa bande dessinée *Le super week-end de l'espace*. Elle présente son univers créatif sous la forme d'une exposition au Centre Eden, à Cuisery en Saône-et-Loire. Le public de tout âge découvrira ses secrets de fabrication et partira pour un voyage étoilé en compagnie de Rat, Castor et Orni, qui explorent le ciel depuis leur cabane-observatoire. Pour les artistes et astronomes en herbe !

LE SUPER WEEK-END DE L'ESPACE

Du 7 février au 8 mars 2026, Cuisery (71)

www.centre-eden71.fr

SCIENCE, FICTION ET RÉSILIENCE

Oblivion, *Planètes*, *Planet Σ*... Chaque année, plusieurs films abordant l'espace à leur manière comptent parmi les projections des Mycéliades. Ce festival de SF se tient dans les salles de cinéma et les médiathèques de plus de 80 villes de France. Livres, BD et jeux vidéo sont également à l'honneur, en présence des scientifiques, vidéastes, auteurs venus prendre part à des conférences et des débats. Trouvez un événement près de chez vous sur la carte intergalactique du site web des Mycéliades.

LES MYCÉLIADES

du 31 janvier au 15 février 2026, partout en France

<https://myceliades.com>



PRÊTS POUR UNE BALADE
IMAGINAIRE SUR MARS À
LA RECHERCHE DE LA VIE?

EN RÉGIE TOUT EST
PRÊT! METTEZ
VOS CASQUES DE
RÉALITÉ VIRTUELLE.



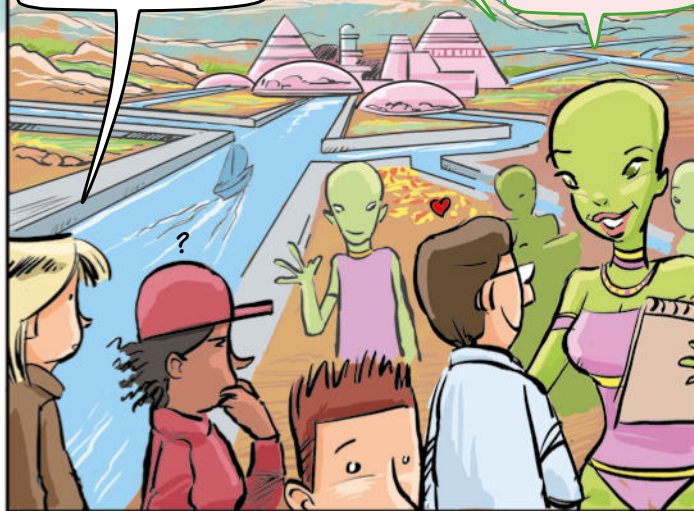
CLIC

ZWUIOU

OOH!? JE N'IMAGINAIS
PAS MARS AINSI...

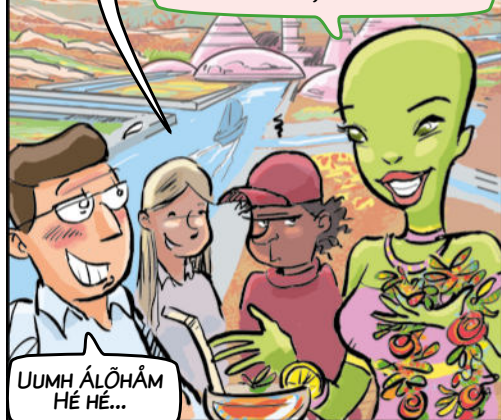
ALØHAM,
VISITEURS!

JE SUIS ZGFKLØM,
INGÉNIEURE EN
CHEF DES CANAUX.



MARS VERSION 1877! DANS SON TÉLESCOPE
L'ASTRONOME ITALIEN GIOVANNI SCHIAPARELLI
CROIT DÉCELER DES « CANAUX »* SUR LA PLANÈTE
ROUGE. LA NAISSANCE DU FANTASME MARTIEN!

VOICI UN COLLIER ET UN COCKTAIL
DE BIENVENUE, BEL ÉTRANGER!



UUMH ÅLØHÅM
HÉ HÉ...

PLUS TARD, L'AMÉRICAIN PERCIVAL LOWELL RÉALISE UNE CARTE
COMPLÈTE DESDITS CANAUX, CONSTRUITS — SELON LUI — PAR
UNE CIVILISATION AFIN D'AMENER DE L'EAU DEPUIS LES PÔLES.



NOTRE PLANÈTE EST
BIEN SÈCHE. ET LA
VÔTRE, JEUNE ÉPHÈBE?



LA CROYANCE EN
UNE CIVILISATION
MARTIENNE
PERDURE JUSQUE
DANS LES
ANNÉES 1960.

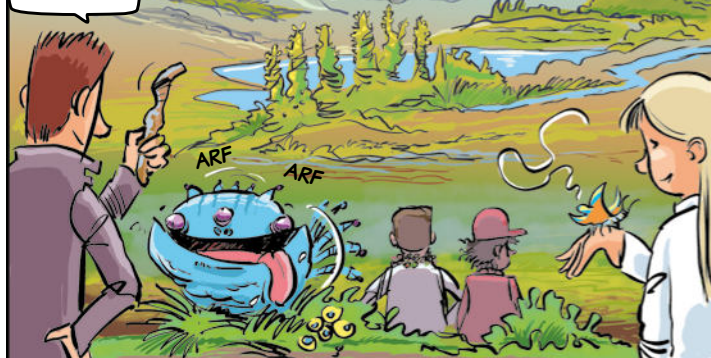
DINGUE!

ZWUIOUU

HOP! SAUT
TEMPOREL...!

AINSI, DANS SON NUMÉRO D'AVRIL 1962, LE TRÈS SÉRIEUX MAGAZINE
SCIENCE ÉVOQUE UNE « BIOLOGIE MARTIENNE » ET LA PRÉSENCE
PROBABLE DE « PLANTES HAUTES ». ATTENDONS-NOUS AUSSI « À
TROUVER DES FORMES MOBILES, COMPARABLES À NOS ANIMAUX... »
... OU MÊME « DES ÊTRES INTELLIGENTS »!

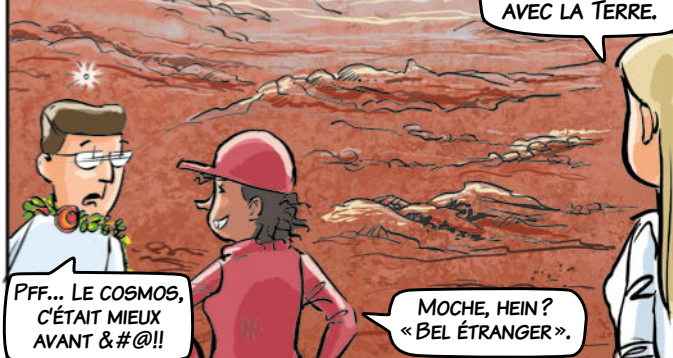
CHERCHER!?



ARF ARF

DEUX ANS PLUS TARD, LES IMAGES DE LA SONDE
MARINER 4 METTENT FIN AU FANTASME MARTIEN :
MARS EST UN DÉSERT FROID ET... VIDE!

POURTANT, MARS
POSSÈDE BIEN
DES SIMILITUDES
AVEC LA TERRE.



PFF... LE COSMOS,
C'ÉTAIT MIEUX
AVANT &#@!!

MOCHE, HEIN?
« BEL ÉTRANGER ».

* « Canali » traduit en anglais par « canal » (ouvrage artificiel) au lieu de « channel » (chenal en français) comme l'entendait Schiaparelli, ce qui a contribué à l'idée d'une civilisation.

MARS EST 50 % PLUS ÉLOIGNÉE DU SOLEIL, À LA LIMITE DE LA ZONE D'HABITABILITÉ. SA ROTATION EN 24H, SON INCLINAISON AXIALE – ET DONC SES CYCLES SAISONNIERS – SONT SIMILAIRES À CEUX DE LA TERRE. ET MARS ABRITE DE L'EAU. UNE QUASI-JUMELLE!

IL Y A 4 MILLIARDS D'ANNÉES, LE SOLEIL EST 30 % PLUS FROID.

LES VOLCANS AURAIENT SAUVÉ MARS ET LA TERRE DU GEL!

Terre

TOUT COMME LA TERRE, MARS DISPOSE ALORS D'UN CŒUR LIQUIDE ET D'UN CHAMP MAGNÉTIQUE.

Mars

BEN... TOUT ÉTAIT BIEN PARTI, NON ?!

SAUF QU'IL Y A UN PROBLÈME DE... TAILLE!

DE TAILLE ?!

EN RÉALITÉ, MARS EST MOITIÉ PLUS PETITE QUE LA TERRE. LE DÉTAIL QUI CHANGE TOUT.

Terre

Mars

PLUS PETITE TAILLE DIT CŒUR QUI SE REFROIDIT PLUS VITE.

SANS CŒUR EN FUSION : ADIEU CHAMP MAGNÉTIQUE PROTÉGEANT L'ATMOSPHÈRE DES VENTS SOLAIRES. CEUX-CI VONT GRIGNOTER PEU À PEU L'ATMOSPHÈRE MARTIENNE, DIMINUANT SA PRESSION.

DE PLUS, UNE GRAVITÉ 2/3 PLUS FAIBLE QUE SUR TERRE TIENT BIEN MOLLEMENT LADITE ATMOSPHÈRE. CELA ACCÉLÈRE D'AUTANT SON AMINCISSEMENT.

SANS CŒUR EN FUSION : PAS D'ACTIVITÉ VOLCANIQUE ET DE PRODUCTION DE GAZ À EFFET DE SERRE. À LA LENTE DÉPRESSURISATION S'AJOUTE DONC LE REFROIDISSEMENT.

PRESQUE À NUE, LA PLANÈTE SUBIT LES RAYONNEMENTS COSMIQUES DE HAUTE ÉNERGIE BRISANT LES LIENS CHIMIQUES...

... DONT H₂O : L'HYDROGÈNE, PLUS LÉGER, EST EMPORTÉ DANS LE COSMOS, LAISSANT L'OXYGÈNE « ROUILLER » LA SURFACE DE MARS, QUI SE TEINTE ALORS DE ROUGE.

IL Y A ENCORE DE LA GLACE ENFOUIE OU SUR LES PÔLES. LE RESTE DE L'EAU A BOUILLI!

BOUILLI ?!

OUI! SUR TERRE, L'EAU LIQUIDE BOUT À 100°C... AU NIVEAU DE LA MER! MAIS AU SOMMET DE L'EVEREST, ELLE BOUT À 72°C, EN RAISON DE LA PRESSION MOINDRE.

OR, SUR MARS, LA PRESSION EST 100 FOIS PLUS FAIBLE! L'EAU BOUT INSTANTANÉMENT OÙ QUE L'ON SE TROUVE! ELLE EST INSTABLE.

BEN ALORS... POURQUOI RECHERCHER DE LA VIE SUR MARS?

EH BIEN : LA VIE PASSÉE! IL Y A PLUS DE 3,5 MILLIARDS D'ANNÉES, LES CONDITIONS POUR SON APPARITION ÉTAIENT RÉUNIES.

ALØHAM!

AAH ?!

OUI, ENFIN... ON RECHERCHE SURTOUT DES TRACES D'ÊTRES MICROSCOPIQUES, TELLES DES BACTÉRIES.

PFFF...

SOUPIR

LE FANTASME MARTIEN N'EST PLUS CE QU'IL ÉTAIT...

ALØHAM!

HORS DE QUESTION QUE TU RAMÈNES CE COLLIER À LA MAISON! CAPITO?

MAIS MAI

ET A-T-ON DES INDICES DE CETTE SUPPOSÉE VIE?

OUI! ALLONS VOIR!

À suivre...

Baptiste Chide

Planétologue à l'Institut de recherche
en astrophysique et planétologie

SUR MARS, LES TOURBILLONS DE POUSSIÈRE PRODUISENT DES ÉTINCELLES

Propos recueillis par David Fossé

La planète Mars crépète ! Dans ses tempêtes et ses tourbillons de poussière se produisent en tout cas des étincelles, que le rover Perseverance est parvenu à détecter. Comment ? Grâce au microphone installé sur son instrument Supercam, perché en haut de son mât...

Votre équipe annonce la découverte de « décharges triboélectriques » dans l'atmosphère martienne.

Qu'est-ce que la triboélectricité ?

Baptiste Chide : C'est le mécanisme par lequel des objets peuvent se charger électriquement via des collisions. Ainsi, quand des grains de sable en suspension se percutent, les petits arrachent des électrons aux plus gros et ils se chargent négativement. Une différence de potentiel électrique peut se créer dans l'air. Elle produit une décharge si elle dépasse un certain seuil. C'est ce que nous avons observé sur Mars. Sur Terre, on voit des décharges triboélectriques dans les fumées des volcans, par exemple.

Les décharges martiennes sont cependant beaucoup plus modestes. Vous parlez d'éclairs de 1 cm de long au plus, et au moins un milliard de fois moins puissants que ceux de la Terre...

Je préfère le terme d'étincelles à celui d'éclairs. Les décharges électriques sur

Mars sont beaucoup moins puissantes que sur Terre parce que, à cause de sa faible densité, la tension de claquage de l'air n'y est que 15 000 volts par mètre, contre 3 millions de volts par mètre chez nous. Sur Mars, les charges électriques ne peuvent pas beaucoup s'accumuler avant une décharge.

La plus forte que nous avons détectée ressemble à celle que produisent les raquettes électriques que l'on utilise parfois pour se débarrasser des moustiques. Il ne faut pas s'imaginer des éclairs aveuglants et du tonnerre !

C'est grâce à leur son que vous avez découvert ces étincelles. Les avez-vous aussi photographiées ?

Non, c'est très difficile de photographier par hasard un éclair ou une étincelle. Nous avons découvert ces décharges (une cinquantaine) grâce au micro de Perseverance. En analysant l'intégralité des sons enregistrés depuis l'arrivée sur Mars du rover, soit 28 heures au total. Ces étincelles sont sans doute courantes. Nous en avons détectées alors que, sur Mars, le son ne se propage que sur quelques mètres à cause de la très faible densité de l'air. On ne peut donc entendre que celles toutes proches ! En plus, la plupart du temps, Perseverance n'écoute pas. Son micro n'enregistre que 3 minutes tous les deux jours...

Comment avez-vous fait le lien avec les tempêtes et les tourbillons de poussière que connaît la planète rouge ?

Toutes nos détectations sont associées à ces épisodes météorologiques. En particulier, nous avons entendu des étincelles les deux fois où un tourbillon



a croisé Perseverance. Ce qui nous fait dire que, sur Mars, ces tourbillons sont sans doute tous électrisés.

Sont-ils dangereux ?

Pour des humains, non. Ces décharges équivalent à celles ressenties parfois au bout des doigts quand on saisit un objet. En revanche, une étincelle sur un condensateur ou un transistor, ça le grille ! Est-ce que ça peut mettre en péril nos sondes et nos rovers ? Tout s'est bien passé jusqu'ici. Il n'y a qu'un cas d'échec que nous pourrions éventuellement attribuer à ces étincelles. En 1971, lorsque la sonde soviétique Mars 3 s'est posée sur Mars, elle a cessé d'émettre après 20 secondes. Or, elle a atterri pendant une tempête de poussières...

Quelles sont les principales conséquences de votre découverte ?

D'abord, cela confirme qu'il ne faut pas s'attendre à voir de puissants éclairs sur Mars. L'atmosphère se

décharge très facilement. Sur Vénus, c'est sans doute l'inverse. Ensuite, la démonstration que les grains de sable martiens se chargent électriquement est importante, car leur charge influe sur la façon dont ils se déplacent. Or, c'est la distribution des poussières qui contrôle la météo sur Mars. Enfin, il est possible que les décharges contribuent à effacer d'éventuelles traces de vie martienne. En réagissant avec l'atmosphère, elles peuvent en effet produire de l'eau oxygénée ou du perchlorate. Ces molécules ont le pouvoir de stériliser les surfaces.

Y a-t-il d'autres corps célestes où l'on pourrait envisager d'appliquer votre méthode ?

Oui, Titan ! Il y aura trois micros sur le drone Dragonfly qui sera lancé vers ce satellite de Saturne en 2028. Titan possède une atmosphère 1,5 fois plus dense que celle de la Terre. Nous comptons bien y chercher des éclairs. ☺

Certains tourbillons de poussière vus par Perseverance dans le cratère martien Jezero lui sont passés dessus. Le rover a alors pu entendre qu'ils produisaient des étincelles !

© Nasa/JPL-Caltech/ASU/MSSS



RETROUVEZ CIEL & ESPACE

sur sa chaîne
YouTube



www.youtube.com/c/CieletespaceFr



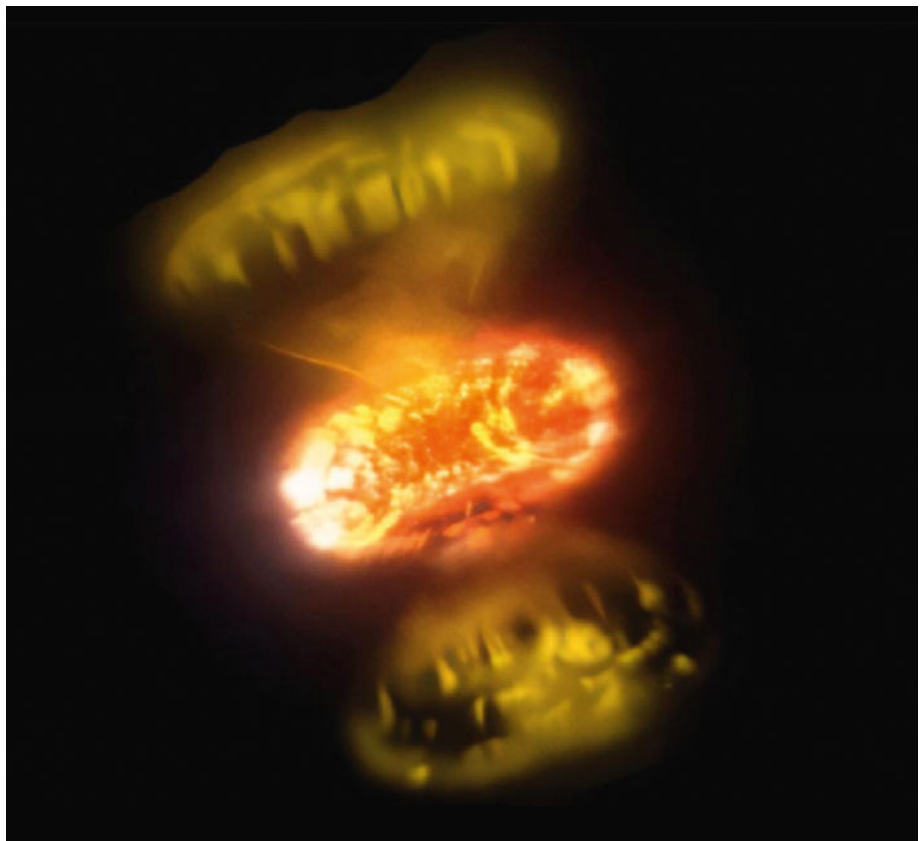
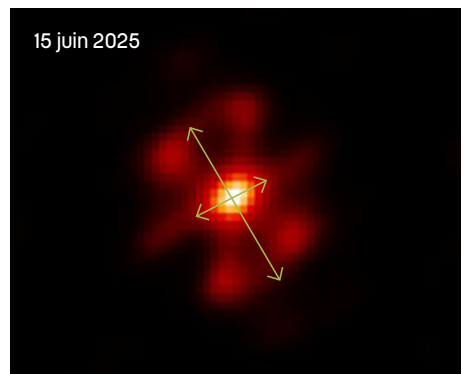
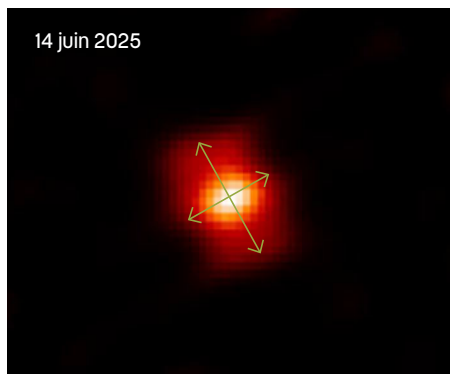
UNE EXPLOSION D'ÉTOILE VUE AVEC UNE PRÉCISION INÉGALÉE

Une équipe d'astronomes a réussi à produire l'image la plus détaillée d'une nova éloignée de 15 000 années-lumière. On y voit les explosions successives et les enseignements sont nombreux.

Brice Haziza

Une équipe internationale vient de produire les images les plus détaillées d'une explosion d'étoile appelée nova. Cette prouesse technique révèle pour la première fois la structure des gaz en expansion seulement deux jours après le cataclysme. Elle a été réalisée avec l'interféromètre Chara, un instrument de pointe installé au mont Wilson (États-Unis). Et elle confirme les modèles que les astronomes avaient élaborés, à savoir que les explosions stellaires ne se propagent pas de manière égale dans toutes les directions.

La nova s'est produite le 12 juin 2021 au sein d'un couple stellaire dit « cataclysmique » situé à environ 15 000 années-lumière dans la constellation d'Hercule. Là-bas, une naine blanche « vole » régulièrement de la matière à une étoile qui l'accompagne de près et lui tourne autour en une période extrêmement courte de moins de 4 heures. L'explosion en nova est survenue parce que la naine blanche avait accumulé une telle quantité de gaz à sa surface que, sous l'effet de la compression gravitationnelle, la température a atteint une dizaine de millions de degrés,



Les deux images de la nova V1674 Herculis obtenues avec l'interféromètre Chara (en haut) sont uniques, car elles permettent de voir les éjections de matière selon deux axes (flèches) très peu de temps après le phénomène. La vue d'artiste ci-contre permet de mieux les comprendre. © Georgia State University

engendrant une gigantesque réaction de fusion thermonucléaire.

Observer la naine blanche (qui n'a pas été détruite), sa compagne et leur environnement immédiat avec l'interféromètre Chara, dès le 14 juin 2021, est une performance. Il a en effet fallu pointer simultanément le même objet avec chacun des six télescopes de 1 m et réunir leurs faisceaux en un seul point pour construire une image aussi résolue que celle d'un télescope géant de 330 m. Les novas étant par nature imprévisibles, les auteurs de l'étude ont pu bénéficier d'un temps d'observation en urgence, un cas prévu par le programme dit d'opportunité (ToO) comme l'expliquent Gail Schaefer, directrice du Chara, ainsi qu'Elias Aydi, de Texas Tech University, signataire principal de la publication faisant état de ces observations dans *Nature Astronomy* du 5 décembre 2025.

Deux explosions distinctes

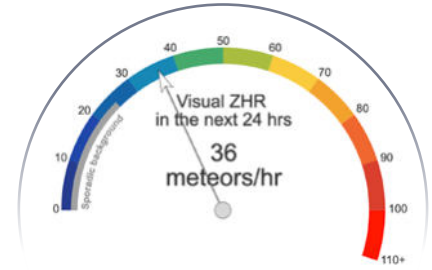
Les images obtenues montrent de façon claire qu'il y a eu deux types distincts d'explosion : une première, assez lente (à 3 800 km/s), dans le plan orbital, comme une bouffée de matière en forme de tore, puis une deuxième constituée de deux lobes polaires, beaucoup plus rapide (5 500 km/s). L'image réalisée le 15 juin 2021 indique d'ailleurs l'expansion de la matière expulsée par la nova. Leur taille apparente n'est alors que de 1 milliseconde d'arc, soit un million de fois moins que l'épaisseur d'un cheveu vu à 1 m. C'est aussi l'équivalent d'un objet de 1,5 m posé à la surface de la Lune, à 380 000 km. En réalité, sur place, la nébuleuse en expansion couvre un volume approximativement de la taille de l'orbite de Saturne, soit plus de 2 milliards de kilomètres de diamètre. Les deux éjectas gazeux observés ayant des

vitesse d'expansion très différentes, le second percute le premier. Les astronomes pensent que ces chocs engendrent les particules et les émissions gamma qu'ils parviennent à capter.

Lorsque la nova V1674 Herculis a été repérée, elle brillait d'une magnitude 8,5 (moins que Neptune). Seize heures plus tard, elle était dix fois plus lumineuse avec une magnitude 6. Elle s'est affaiblie ensuite de deux magnitudes en une seule journée. V1674 Her se place ainsi comme l'une des novas à l'évolution la plus rapide connue. Sans le réseau Chara, elle ne serait restée qu'un point, disons un pixel, sans détail, sans nuances, aux enseignements très limités.

Ce type d'images permettra de bien mieux cerner les mécanismes de physique des particules à l'œuvre dans les novas et les supernovas, dont nos connaissances sont limitées, notamment à cause de la brièveté du phénomène et de sa distance. Pour Elias Aydi, les « *processus microphysiques sous-jacents [aux novas] tels que l'accélération des particules, la formation d'ondes de choc ou la production de rayonnements de haute énergie, sont en partie mal compris, car difficiles à observer de façon directe. Ces processus se déroulent en effet à des échelles spatiales très petites, à des températures et des densités extrêmes, et dans des délais très courts* ». Il pense cependant que nous sommes proches de parvenir à des modélisations beaucoup plus fines des novas : « *Nous entrons dans une phase où les observations à haute résolution sur plusieurs longueurs d'onde peuvent être combinées de manière complémentaire. L'interférométrie fournit des informations spatiales directes sur la géométrie et l'évolution des éjectas. Cela nous permet de tester et de contraindre les modèles physiques d'une façon qui était tout simplement impossible auparavant.* » 🌌

SUR LA TOILE



LA MÉTÉO DES ÉTOILES FILANTES

Y aura-t-il des étoiles filantes ce soir ? L'aiguille du compteur mis en ligne par le Global Meteor Network vous le dira. Elle indique quotidiennement le flux d'étoiles filantes attendu dans les prochaines 24 heures en taux zénithal horaire (c'est-à-dire, le nombre de météores visibles en une heure pour un ciel sans lune, parfaitement pur, et un radiant situé au zénith). L'aiguille est dans le bleu ? Vous verrez des étoiles filantes, mais pas plus que d'habitude. Elle est dans le vert ? Le ciel frétille... L'aiguille est dans le rouge ? C'est le moment. À vos transats, passez la nuit dehors !

<https://globalmeteornetwork.org/flux/>



Pluie d'étoiles filantes des Perséides.

© Nasa/Preston Dyches

Cette image exceptionnelle révèle deux éjections de matière qui se télescopent

UNE HISTOIRE DES IMAGES DU MONDE

d'Hésiode à Stephen Hawking

De l'Antiquité à nos jours, cet ouvrage met en scène l'évolution des idées sur le monde, ses possibles origine, finitude et structure. Il fait sentir les atmosphères propres à chaque période en puisant dans des écrits poétiques, littéraires, religieux, philosophiques ou scientifiques.

Ces œuvres témoignent des différentes conceptions que l'homme a eues de sa place dans l'Univers, de son éventuelle singularité : elles revisitent les traditions, ouvrent de nouvelles perspectives, nourrissent les débats nés de changements de contextes ou de méthodes.

Au cours de son histoire, la construction de l'astronomie n'a jamais suivi un long fleuve tranquille. Laissez-vous entraîner dans les bouillonnements de cette passionnante aventure collective multiséculaire.

LES AUTEURS

Robert Locqueneux est professeur émérite à l'université de Lille. Ses recherches et son enseignement ont porté d'abord sur la chimie quantique, la thermodynamique et la mécanique statistique, ensuite sur l'histoire de la physique. Il a publié de nombreux ouvrages dans ce domaine.

Bernard Maitte est professeur émérite d'histoire et d'épistémologie des sciences à l'université de Lille. Fondateur du Forum des sciences, directeur d'une formation de journalistes scientifiques, il a obtenu de prix Jean Rostand pour La Lumière (Seuil) et le prix Jean Perrin de popularisation de la physique.

Version enrichie d'un index et d'une chronologie.

**Offre
spéciale**

Livre broché
416 pages



Bon à retourner avec son règlement par chèque, à : AFA, 17 rue Émile-Deutsch-de-la-Meurthe 75014 Paris

23,20 € l'ex. au lieu de ~~29 €~~
+ frais de port France métropolitaine : 10 €
= 33,20 € l'ex.

Offre valable jusqu'au 31/03/2026

Paiement par carte bancaire, envoi hors France métropolitaine :
commande en ligne sur
<https://boutique.afastronomie.fr/l-histoire-monde>

Nom

Prénom

Adresse

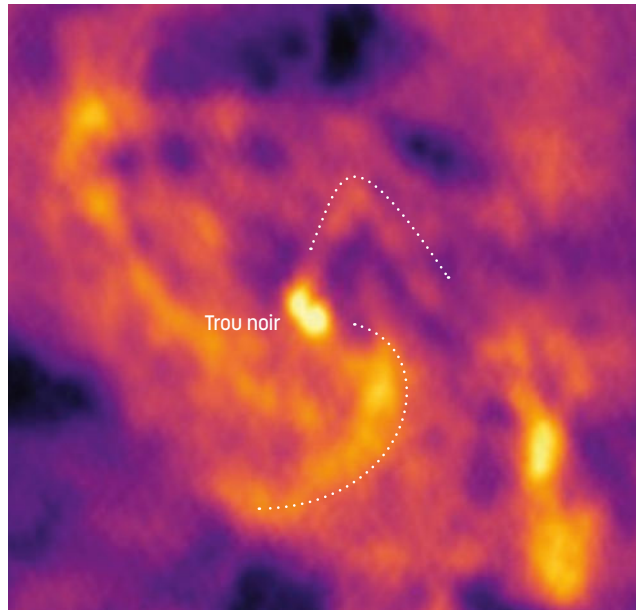
Code postal

Ville

LES TROUS NOIRS NE MANGENT PAS PROPREMENT

Un trou noir supermassif ne peut avaler que 12 % de matière à la fois. Le reste finit en éclaboussures galactiques. C'est ce qui a été observé au centre de la galaxie du Compas, révélant au passage une spirale de gaz et de poussière qui tombe vers le trou noir.

Guillaume Langin



Un trou noir supermassif réside au centre de la galaxie du Compas (à gauche). Il est emmitoufflé dans un tore de matière et de lumière de la forme d'un donut (tache au centre de l'image de droite). Mesurer la vitesse du gaz tout autour a révélé deux bras spiraux qui tombent vers ce tore. © Judy Schmidt et Wout Goesaert

Aussi gloutons soient-ils, les trous noirs ne peuvent pas gober d'une traite tout ce que l'Univers leur sert. En zoomant sur l'environnement très proche du trou noir supermassif logé au centre de la galaxie du Compas, une équipe d'astronomes a su estimer l'appétit de cet ogre lourd comme 2 millions de soleils. Moins de 12 % du gaz et de la poussière interstellaire qui tombent dans sa direction sont avalés. Le reste est recraché vers l'extérieur avant d'y avoir pénétré. Soit par la pression qu'exerce l'intense lumière régnant aux abords directs du trou noir. Soit dévié par de puissants champs électromagnétiques. « Ce taux maximal de 12 % n'est pas la seule découverte de notre étude », note Wout Goesaert, qui a mené l'analyse des données obtenues avec l'observatoire radio Alma au

Chili. « Nous avons trouvé que les trous noirs supermassifs actifs sont nourris par des spirales », précise-t-il. Pour la première fois, cette observation a été menée dans un périmètre de quelques dizaines d'années-lumière autour du trou noir. Cela pourrait sembler lointain, car le trou noir du Compas ne fait que 7 fois la taille du Soleil. Mais c'est en réalité très près. « Il n'y a qu'une vingtaine de galaxies suffisamment proches de nous pour que nous espérions visualiser ces régions avec Alma. Avec la galaxie NGC 1068 [également appelée M 77, NDLR], la galaxie du Compas est la plus favorable. » En mesurant le mouvement des molécules, le jeune chercheur a révélé deux bras spiraux de matière chutant vers le trou noir à environ 150 000 km/h. À cette vitesse, on peut parler de « fast food » ! ☺

UN IMPACT SUR LA LUNE EN 2032 CONCERNERAIT AUSSI LA TERRE

Si l'astéroïde 2024 YR4 heurte la Lune, les débris de la collision pourraient rentrer dans l'orbite terrestre et abîmer plus d'un satellite.

Stéphane Fay

Le 27 décembre 2024 au Chili, des astronomes découvrent l'astéroïde 2024 YR4 deux jours après qu'il a frôlé la Terre à 828 800 km [lire C&E 603, p. 64]. Nous le recroiserons en 2028, puis le 22 décembre 2032, avec cette fois 4% de chance qu'il touche la Lune! « Cette probabilité est faible, souligne Paul Wiegert, de l'université Western

Ontario, qui a mené l'étude. *Mais elle est supérieure à l'obtention d'un double six avec deux dés [une chance sur 36, soit 2,8 %], ce qui arrive quotidiennement. Par conséquent, il faut se préparer.* » Avec ses 60 m de diamètre, 2024 YR4 n'a pas de quoi inquiéter l'intégrité de notre satellite naturel, mais l'impact pourrait avoir des conséquences bien réelles pour nos satellites artifi-

La collision d'un astéroïde avec la Lune peut envoyer dans l'espace une multitude de débris minuscules. Cette nuée est susceptible d'affecter les engins en orbite terrestre. Vue d'artiste. DR



ciels. Pour savoir à quoi s'attendre, Paul Wiegert et son équipe ont commencé par évaluer la taille du cratère lunaire créé par la collision. Avec une densité de l'astéroïde de $3\,000\text{ kg/m}^3$ et une vitesse à l'impact dans les 13 km/s , le cratère aurait alors un diamètre de l'ordre du kilomètre.

Des milliards de débris

Avec cette taille, une quantité importante de matériau serait excavée : environ 10^{11} kg ! Seule une partie des fragments dont la vitesse excèdera celle de libération de la Lune ($2,38\text{ km/s}$) pourra potentiellement atteindre la Terre. Si l'on considère que le matériau est essentiellement sableux, 10 à 100 millions de kilogrammes de matière devraient quitter notre satellite, représentant quelque 100 000 à un milliard (10^9) de fragments de plus de 10 mm, 10^{11} à 10^{13} fragments de plus de 1 mm et 10^{14} à 10^{16} fragments de plus de 0,1 mm !

Calculer leur probabilité d'impact avec la Terre nécessite de savoir où 2024 YR4 touchera la Lune. En effet, si l'asté-

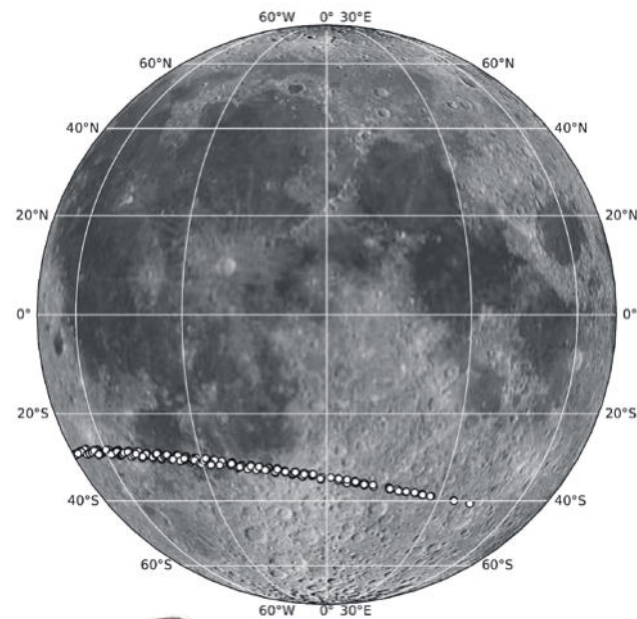
roïde heurte sa face avant par rapport à son mouvement, la vitesse d'éjection du matériau va s'ajouter à celle de la Lune, qui est de 1 km/s , et il aura peu de probabilité d'être capturé par l'attraction gravitationnelle de notre planète. À l'inverse, si l'astéroïde s'écrase sur la face arrière, la vitesse de la Lune va se soustraire à la vitesse d'éjection du matériau, dont une partie sera ainsi presque stationnaire par rapport à la Terre et lui tombera vite dessus.

Jusqu'à présent, les simulations numériques privilégient un impact sur la face avant de la Lune, à une latitude comprise entre 30° et 40°S ! Il y aurait alors une chance sur cinq que plus de 10 % du matériau éjecté touche l'orbite terrestre (contre jusqu'à 30 % sur la face arrière qui a 14 % de chance d'être atteinte). Tant de pourcentages peuvent laisser perplexe. Quand saurons-nous vraiment ? « Bientôt, assure Paul Wiegert. 2024 YR4 est à présent trop près du Soleil pour être étudié. Il ne redeviendra visible qu'en 2028. Nous devrions pouvoir déterminer à ce moment-là s'il y aura un impact avec la Lune. Il existe aussi une faible probabilité que le télescope spatial James Webb l'observe avant 2028, mais YR4 représentera un défi de taille, même pour cet instrument exceptionnel. »

Couper un câble, percer un scaphandre

Dans le cas où nous recevrons 10 % du matériau éjecté, il arriverait en quelques jours près de la Terre. Le flux de météoroïdes serait multiplié par 10 à 1000 pour les plus petits (habituellement, on en rencontre un par mètre carré et par an dans l'espace), ce qui poserait des problèmes aux astronautes comme aux satellites. Un grain de 0,1 mm peut couper un câble ou pénétrer une combinaison spatiale. Un débris de 1 cm peut détruire un satellite ! Évidemment, tout dépend de sa vitesse, mais les satellites connaîtraient au minimum un vieillissement prématuré de plusieurs années, et cela en quelques jours, quand le gros du matériau arrivera. On mesure l'ampleur du problème si l'on pense aux dizaines de milliers de satellites qui seront en orbite en 2032, comme les Starlink. Et des débris continueront d'arriver pendant des mois à un rythme moindre...

Les problèmes pourraient ne pas se limiter à la Terre. Il y aura peut-être alors une station spatiale orbitant autour de la Lune, voire une base lunaire pouvant être atteinte par l'éjecta de la collision qui se répandra sur une large bande. Aussi, Paul Wiegert plaide pour une notion étendue de défense planétaire. « Nous découvrons que les astéroïdes géocroiseurs pourraient avoir des effets dévastateurs sur terre, ainsi que sur les équipements et les personnes se trouvant loin de notre planète, comme les astronautes ou le matériel lunaire. Nous proposons donc d'étendre la défense planétaire à d'autres effets des astéroïdes que leur impact sur Terre », préconise l'astronome. Seule chose positive au milieu de ce potentiel chaos, un long et beau défilé d'étoiles filantes ! ☾



Paul Wiegert attend 2028 pour observer à nouveau 2024 YR4. Ces nouvelles mesures préciseront la zone possible d'impact de l'astéroïde sur la Lune, située pour le moment entre 30° et 40°S .
© Nasa/LRO et DR

© Académie des sciences



CHRISTOPHE SALOMON

Le physicien français a reçu le prix Balzan 2025 pour son invention de l'horloge à fontaine atomique (1991). Celle-ci mesure l'écoulement du temps grâce aux oscillations d'atomes de césium capturés à une température proche du zéro absolu. Cette horloge est aujourd'hui à la base de la définition internationale du temps. Elle a permis de nombreux tests très précis en physique fondamentale, dont la relativité générale. Sa version spatiale, Pharaon, a été installée sur l'ISS en avril 2025.



À L'APOGÉE

AU PÉRIGÉE



ROSCOSMOS

Le 27 novembre 2025 à Baïkonour, la base du pas de tir s'est effondrée, 10 secondes après le décollage de l'équipage Soyouz MS-28 vers la station spatiale internationale. Cela rend inutilisable l'unique installation capable de lancer des fusées Soyouz depuis le spatioport. Roscosmos, l'agence spatiale russe, a annoncé un retour aux opérations fin février 2026. Un calendrier ambitieux au vu de l'ampleur des dégâts.

CLIN D'ŒIL

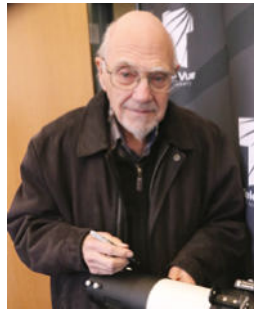
L'ESPACE MIS EN PIÈCES

La Monnaie de Paris a lancé à l'automne une série « Odyssée spatiale » : huit pièces de 10, 20, 25, 100 et 200 € illustrées de planètes en couleur ou de gravures évoquant l'exploration du Système solaire. Celle qui représente la Lune est phosphorescente et un modèle abrite dans l'argent massif une puce NFC activable avec un smartphone (monnaie connectée). Pour se les offrir, il faudra déboursier entre 15 et... 4 020 €. La série a été conçue en partenariat avec l'astronaute Thomas Pesquet.



CARNET GRIS

AL NAGLER



Al Nagler est mort comme il a vécu avec un télescope entre les mains au siège de Televue le 27 octobre 2025 à l'âge de 90 ans. Le fondateur de la marque américaine d'oculaires a commencé sa carrière en travaillant sur le simulateur du module lunaire d'Apollo. Il s'est fait ensuite connaître des astronomes amateurs dans les années 1980 en créant l'oculaire le plus avancé de son époque : le Nagler. C'est aussi le nom donné à l'astéroïde 10715 Nagler, naviguant à jamais parmi les étoiles.



40 000

C'est le nombre d'astéroïdes géocroiseurs connus dorénavant. Ces petits corps rocheux qui tournent autour du Soleil passent à moins de 45 millions de kilomètres de l'orbite de la Terre. Le premier découvert en 1898 est Éros. Dans le lot, une sous-classe d'astres de plus de 150 m de diamètre s'approche à moins de 7,5 millions de kilomètres. Ces « objets potentiellement dangereux » sont 2500.

ERRATA

L'astrophysicien James Jeans, cité p. 53 du *Ciel & espace* 604, est britannique. Une autre erreur s'est glissée p. 6 du hors-série « Le ciel en 2026 » : Jupiter est à l'opposition, quand elle se trouve « à l'opposé du Soleil par rapport à la Terre ». Par ailleurs, nous avons oublié de signaler en Bretagne le club du pays de Dol, en Ille-et-Vilaine : Le Petit Renard, fort d'une trentaine d'adhérents, dont vous pouvez retrouver les activités sur sa page Facebook. Il sera dans l'édition 2027, promis ! <https://www.facebook.com/p/Le-Petit-Renard-61569755276902/>

Si vous aussi, vous souhaitez que les coordonnées de votre association figurent dans ce prochain hors-série, écrivez à : revue@cieletespace.fr

ABONNEZ-VOUS

et réalisez jusqu'à 60% d'économie

Ciel&espace

DÉCOUVREZ TOUTES NOS OFFRES sur
www.cieletespace.fr/abonnement

Relation abonnés : cieletespace@abomarque.fr
ou 05 34 56 35 60 (10 h-12 h / 14 h-17 h)



Bon à retourner, avec son règlement, à Ciel & espace c/o Oppper Services, CS 60003, 31242 L'Union Cedex

1. Oui, je m'abonne, j'inscris mes coordonnées

Nom

Prénom

Adresse

Code postal [][][][][][] Ville

Tél

Mail*.....

* Indispensable pour accéder aux podcasts, versions numériques, articles et profiter du Club abonnés après création de votre compte sur www.cieletespace.fr

Je règle ☐ par chèque à l'ordre de Ciel & espace

Je scanne ce QR code

pour tout règlement par
carte bancaire



C&E605

2. Je choisis mon offre

OFFRE PAPIER

☐ 1 an

73€ au lieu de 112,50 €*

☐ 2 ans

137€ au lieu de 224,40 €*

6 magazines + 2 hors-séries
+ 1 Almanach / an version papier

Offres valables pour la France métropolitaine. Dom-Tom et autres pays, consultez nos offres sur www.cieletespace.fr. Pour le Canada et les USA, contacter : Express Mag (Québec), au 1.800.363.1310 - mail : expsmag@expressmag.com - web : www.expressmag.com

* Valeur prix kiosque, podcasts et web selon l'abonnement.

** En cas d'interruption de l'abonnement, l'accès au magazine numérique ainsi qu'aux archives sera automatiquement suspendu.

OFFRE PREMIUM**

☐ 1 an

95€ au lieu de 226,40 €*

☐ 2 ans

177€ au lieu de 448,80 €*

6 magazines + 2 hors-séries
+ 1 Almanach / an en versions papier
et numérique

Accès à tous nos articles web
sur cieletespace.fr

Accès aux podcasts exclusifs
et toutes nos archives podcasts

Club abonnés

Lisible sur pc, tablette et smartphone



RECEVEZ EN CADEAU NOTRE HORS-SÉRIE
DÉBUTER EN ASTRONOMIE

Envoyez le coupon ci-contre ou
abonnez-vous en ligne avec
le CODE DEBUTER sur www.cieletespace.fr

En application de l'article 27 de la loi du 06/01/1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et sont communiquées aux destinataires la traitant. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès de nos services. Vous pouvez vous opposer à ce que vos nom et adresse soient cédés ultérieurement. Siège social : Ciel & Espace 17, rue Émile-Deutsch-de-la-Meurthe 75014 Paris.



INITIEZ-VOUS À L'ASTRONOMIE AVEC LES STAGES DE L'AFA

Partout en France, l'Association française d'astronomie et ses centres de formation organisent tout au long de l'année des stages d'observation et de pratique de l'astronomie

Dates, lieux et contenus sur www.afastronomie.fr

TESTER UNE BOMBE À TROU NOIR EN LABORATOIRE

Une bombe à trou noir ? Le concept existe sur le papier depuis 1972, mais n'avait jamais été testé. C'est chose faite depuis cet automne grâce à cinq chercheurs italiens et britanniques. Que l'on se rassure : aucun astrophysicien n'a été maltraité dans cette expérience !

David Fossé

Qui aurait cru que le mot *bombe* puisse être associé à l'expression *trou noir*, et surtout que cet attelage étrange trouve un jour une réalisation concrète ? Dans un article publié en novembre 2025 dans la revue *Science Advances*, Marion Cromb (université de Southampton) et ses collègues annoncent avoir construit en laboratoire la toute première bombe à trou noir jamais faite. Ou du moins, un analogue terrestre de ce concept étrange, découlant d'une célèbre expérience de pensée...

Nous sommes en 1969 et le physicien britannique Roger Penrose⁽¹⁾ assure sa postérité en imaginant l'impossible : une méthode pour extraire de l'énergie d'un trou noir. Penrose sait que ces astres, dans leur rotation, entraînent l'espace-temps lui-même. Il remarque que, si on lance un objet vers un trou noir et qu'il se brise en deux de manière à ce qu'un fragment tombe définitivement dans le trou noir, tandis que l'autre est renvoyé à l'infini, alors la vitesse de ce second fragment, accéléré par le tourniquet spatio-temporel, est supérieure à celle qu'il avait en arrivant. Un peu de l'énergie de rotation du trou noir lui a été cédée ! Au début de la décennie suivante, les théoriciens réalisent que ce processus de Penrose fonctionne aussi pour les ondes électromagnétiques. Sous certaines conditions, un rayonnement envoyé vers un trou noir peut être rediffusé avec une légère amplification. On parle de super-radiance⁽²⁾.

C'est alors que William Press et Saul Teukolsky conçoivent en 1972 un dispositif théorique astucieux. Imaginons un miroir sphérique enveloppant l'astre compact et capable de renvoyer l'onde diffusée vers le trou noir. Que se passe-t-il ? Cette onde déjà amplifiée peut l'être à nouveau, puis rebondir encore sur le miroir,

repartir vers le trou noir, et ainsi de suite. Le résultat de ce ping-pong est qu'après un certain nombre d'aller-retour, l'intensité de l'onde lumineuse est si phénoménale que le miroir explose ! « Voici la bombe à trou noir », triomphent les deux physiciens avec un sens aigu de la formule. Un amusement de théoriciens ? Pas tout à fait. Comme l'a montré le grand physicien soviétique Yakov Zel'dovich l'année précédente, la super-radiance est possible en théorie pour n'importe quel type d'onde diffusée par

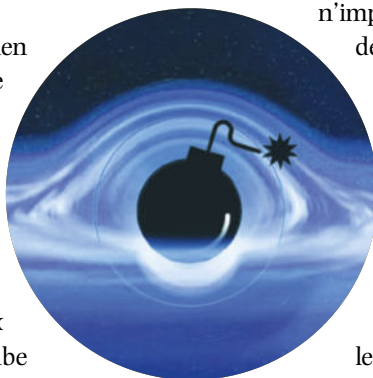
n'importe quel matériau en rotation capable de l'absorber. Sous certaines conditions strictes, assure-t-il, il devrait donc être possible d'observer en laboratoire cet étrange effet imaginé pour les trous noirs. C'est précisément ce que viennent de réaliser Marion Cromb et ses collègues à plus d'un demi-siècle de distance. Jusqu'à fabriquer la fameuse bombe... Dans leur expérience, le « trou noir » est un cylindre d'aluminium de 4 cm de diamètre, tandis que les ondes

électromagnétiques et le miroir sont produits par un astucieux dispositif de bobines électriques.

La physicienne et ses comparses observent l'amplification exponentielle prédite par la théorie de la bombe à trou noir... au point de faire exploser leur circuit ! Drôle d'idée ? En réalité, cette expérience valide une analogie avec les trous noirs qui ouvre de nombreuses pistes. Tant sur la question de l'énergie — dès 1972, Teukolsky et Press envisageaient de percer un trou dans leur miroir pour récupérer une fraction du flux amplifié — qu'en recherche fondamentale. À suivre (prudemment). ☺

(1) Prix Nobel de physique en 2020 pour ses travaux sur les trous noirs.

(2) La super-radiance a été démontrée pour la première fois, pour les ondes acoustiques, en 2020. Ce phénomène pourrait expliquer les jets des quasars.



À LA VITESSE DE LA LUMIÈRE

Entre deux numéros de *Ciel & espace*, les planètes ne s'arrêtent pas de tourner. Voici une sélection des actualités publiées en direct sur le site cieletespace.fr, complément naturel de votre magazine papier.

28 octobre

MÉTHANE NON POLAIRE

Si la planète Uranus présente un pôle bien plus clair que le reste de sa surface, ce serait en raison d'une sous-densité de méthane, qui absorbe la lumière solaire.

<https://tinyurl.com/2883vpvh>

3 novembre

LES COURONNES DE VÉNUS

Les scientifiques tiennent enfin une explication cohérente pour décrire la formation de structures volcaniques ressemblant à des couronnes sur toute la surface de Vénus.

<https://tinyurl.com/ms7uautc>

3 novembre

L'ELT EN ROTATION

Le télescope géant de 39 m de diamètre entrepris par l'Europe ne sera opérationnel qu'à la fin de la décennie. Mais sa coupole tourne déjà, comme le montre une vidéo.

<https://tinyurl.com/39auv7jz>

4 novembre

ET DE QUATRE POUR ARIANE 6

La fusée européenne Ariane 6 a parfaitement réussi sa quatrième mission, la troisième commerciale,

en plaçant sur orbite le satellite d'observation de la Terre Sentinel 1D.

<https://tinyurl.com/yc7p69yx>

5 novembre

ISAACMAN, LE RETOUR

Écarté au dernier moment de la tête de la Nasa par Donald Trump, qui l'avait pourtant choisi en décembre 2024, Jared Isaacman est à nouveau nommé pour administrer l'agence spatiale américaine par... Donald Trump...

<https://tinyurl.com/4sx3h3e3>

13 novembre

ÉRUPTION STELLAIRE

Le Soleil n'est pas le seul à connaître des éjections de masses coronales. Une « éruption » similaire a été observée pour la première fois en radio autour d'une autre étoile.

<https://tinyurl.com/5n6nafnb>

14 novembre

NEW GLENN, NEW RACE

Pour son deuxième vol d'essai, le lanceur lourd New Glenn de la société privée Blue Origin a réalisé

un sans-faute. Il réussit notamment le retour sur une barge de son premier étage. De quoi relancer la course à l'espace avec Space X.

<https://tinyurl.com/3k5rv6ee>

17 novembre

CHINOIS SANS VAISSEAU

Un impact de micrométéorite a rendu le vaisseau Shenzhou 20 inutilisable. Résultat, trois astronautes chinois à bord de la station Tiangong se trouvent sans moyens de revenir sur Terre au moins pour une dizaine de jours.

<https://tinyurl.com/54pztbup>

20 novembre

SPIRALE STELLAIRE

L'étoile géante Apep perd de grandes quantités de matière. Après le VLT, c'est le JWST qui détaille la spirale gazeuse qui s'en échappe. Un spectacle dû à deux autres étoiles, liées à la première.

<https://tinyurl.com/3dtbcknv>

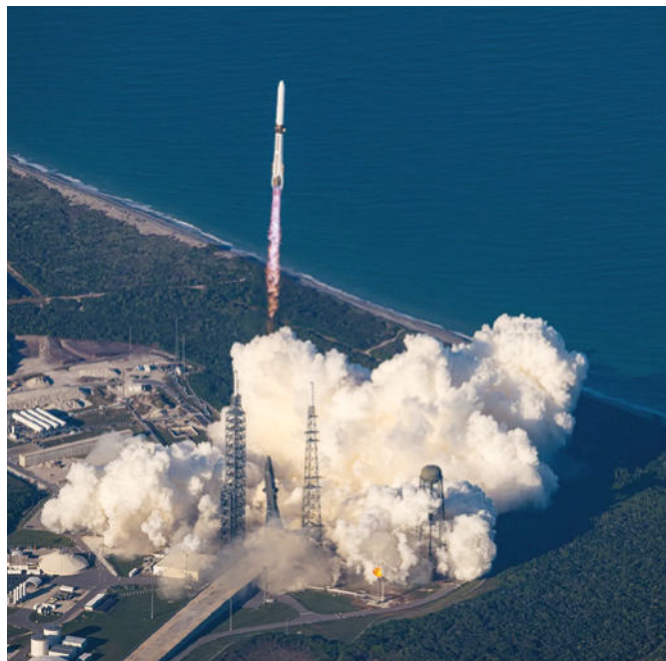
20 novembre

ANNEAUX NAISSANTS

Le lointain astéroïde Chiron est entouré d'anneaux. Et surprise : les astronomes ont découvert que ceux-ci étaient en plein processus de formation !

<https://tinyurl.com/5c24y35z>

La fusée New Glenn a décollé le 13 novembre 2025 de cap Canaveral. Haute de 98 m, elle égale en taille la fusée lunaire SLS. © Blue Origin





Les premières étoiles de l'Univers ont forgé tous les atomes nécessaires à l'apparition des planètes, puis de la vie. Le télescope spatial James Webb aurait enfin permis leur détection. Vue d'artiste : © Nasa/WMAP Science Team

21 novembre

EXPLORATION & CIE

La société privée européenne The Exploration Company est chargée par l'ESA de mettre au point une capsule cargo récupérable. Interview de sa dirigeante, Hélène Huby, qui voit plus loin.

<https://tinyurl.com/ytfkc94m>

21 novembre

SUPER HEAVY ÉVENTRÉ

Lors d'un essai de mise sous pression, le lanceur ultralourd de Space X, le Super Heavy, a explosé au sol. L'engin devait tenter la première satellisation d'un Starship.

<https://tinyurl.com/ycytp9db>

25 novembre

VAISSEAU SANS CHINOIS

Le vaisseau Shenzhou 22 a été lancé sans équipage et s'est amarré à la station

spatiale Tiangong pour permettre à ses trois occupants de revenir sur Terre [lire 17 novembre]. Toutefois, leur mission de six mois ne fait que commencer.

<https://tinyurl.com/54zrf7ht>

25 novembre

NOUVEAU TEST POUR STARLINER

La capsule Starliner de Boeing effectuera un nouveau vol d'essai vers l'ISS ce printemps, mais sans astronaute à bord. Le retard s'accumule pour Boeing.

<https://tinyurl.com/3w44kwkd>

28 novembre

CAP SUR APOPHIS

Après sa conférence ministérielle de Brême, l'Europe spatiale a confirmé le financement de la mission Ramses à destination de

l'astéroïde géocroiseur Apophis. La rencontre aura lieu au printemps 2029, lors d'un rapprochement exceptionnel avec la Terre.

<https://tinyurl.com/4k53y4ey>

1^{er} décembre

TÉLESCOPE RECTANGLE

Pour observer les exoplanètes similaires à la Terre, rien de tel qu'un télescope spatial au miroir rectangulaire ! Avec des rotations bien pensées, de quoi obtenir une résolution identique à celle d'un télescope à miroir classique, mais bien plus gros !

<https://tinyurl.com/36khctna>

4 décembre

PREMIÈRES ÉTOILES

Le télescope James Webb a-t-il permis l'observation d'étoiles de première génération ? C'est fort probable. Une lumière,

venue d'une galaxie très lointaine, affiche toutes les caractéristiques attendues pour ce type d'objets.

<https://tinyurl.com/bdhu76r9>

8 décembre

MAIA SUR SA LANCÉE

La fusée mise au point par la société européenne Maia Space poursuit son développement dans les ateliers de Vernon, dans l'Eure. Objectif : un premier lancement fin 2026.

<https://tinyurl.com/3evfzn68>

10 décembre

LA TERRE APPELLE MAVEN...

La Nasa tente de reprendre contact avec l'une de ses trois sondes en orbite martienne. Maven ne répond plus depuis le 6 décembre 2025 après son passage derrière la planète rouge.

<https://tinyurl.com/hkzdh8k>

11 décembre

COMMENT ALLUMER LES TROUS NOIRS

La fusion des galaxies favorise l'allumage des trous noirs supermassifs qui sont en leur centre. Ce résultat est issu de l'analyse d'un million d'images récoltées par le télescope spatial Euclid.

<https://tinyurl.com/mtyjj9uc>



Scannez ce code pour retrouver les articles complets sur cieletespace.fr

UNE SPIRALE CHATOYANTE

Dans la Grande Ourse, à seulement 56 millions d'années-lumière, NGC 4102 est une galaxie spirale dotée d'un noyau actif. Un trou noir supermassif en son cœur attire le gaz alentour et le chauffe dans un disque d'accrétion, jusqu'à le faire briller. Le noyau de NGC 4102 est cependant obscurci par le gaz. Et son spectre (l'analyse de sa lumière) indique la présence d'éléments chimiques faiblement ionisés. Autrement dit, ce spécimen n'est pas très puissant, comme le suggère cette vue presque paisible réalisée par le télescope spatial Hubble.

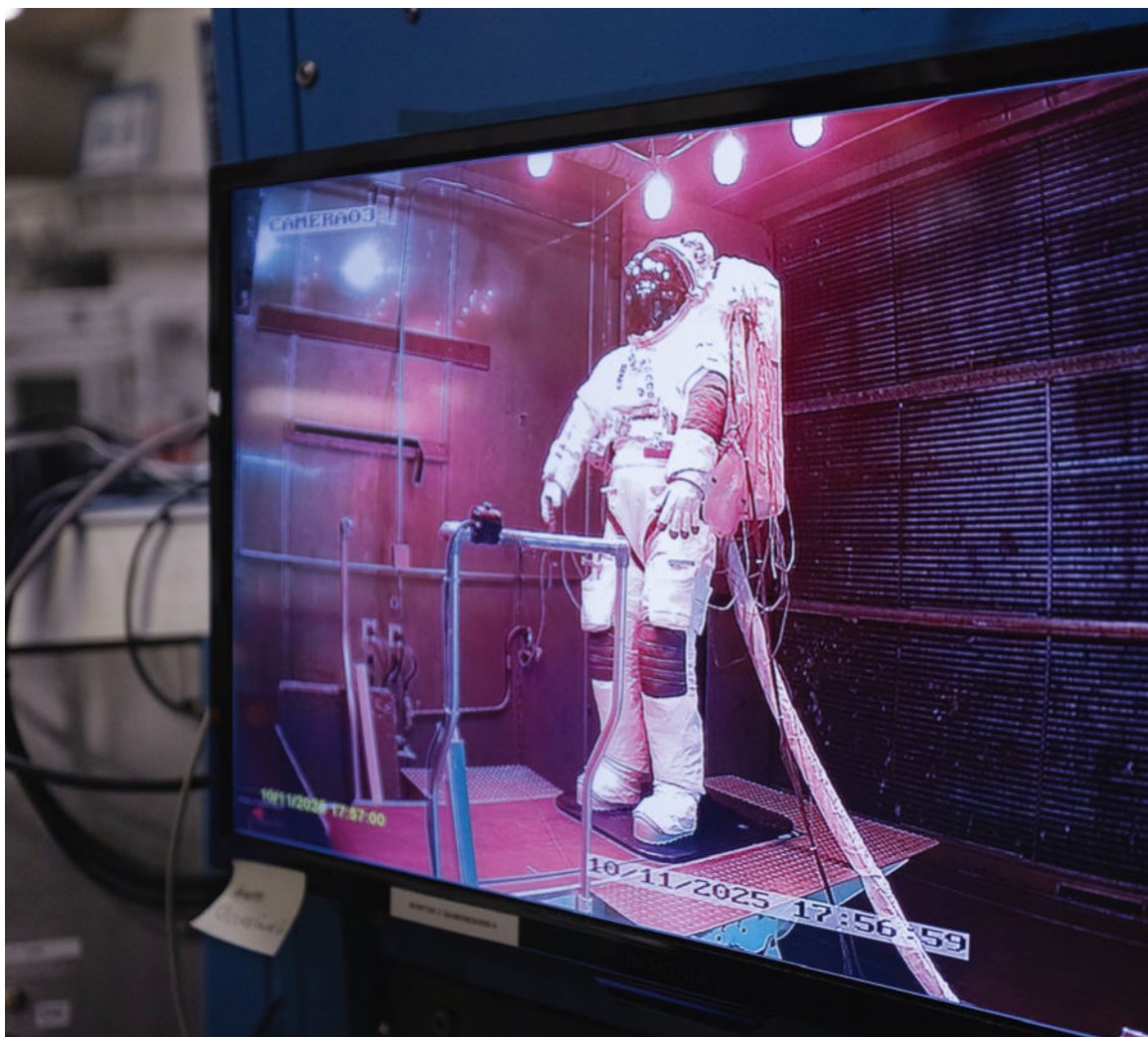
© ESA/Hubble & NASA, G. Fabbiano





SCAPHANDRE LUNAIRE À L'ÉPREUVE

Le scaphandre des missions Artemis a passé avec succès des tests décisifs. Mis au point par Axiom, il était l'un des éléments en retard dans le programme lunaire américain. Appelé AxEMU, il a été testé en piscine par les astronautes Loral O'Hara et Stan Love (image du haut). Puis, fin novembre, il a été soumis pour la première fois au vide, dans une chambre prévue à cet effet (image du bas). D'autres tests similaires, avec des astronautes à l'intérieur, doivent suivre. © Axiom





PORTRAIT SPATIAL

Mi-février, la Française Sophie Adenot doit effectuer sa première mission dans l'espace en prenant place à bord d'une capsule Crew Dragon à destination de la station spatiale internationale. Elle demeurera huit mois en orbite. Son portrait officiel (ci-dessus) laisse supposer qu'elle pourrait sortir dans l'espace en scaphandre. © ESA/Nasa





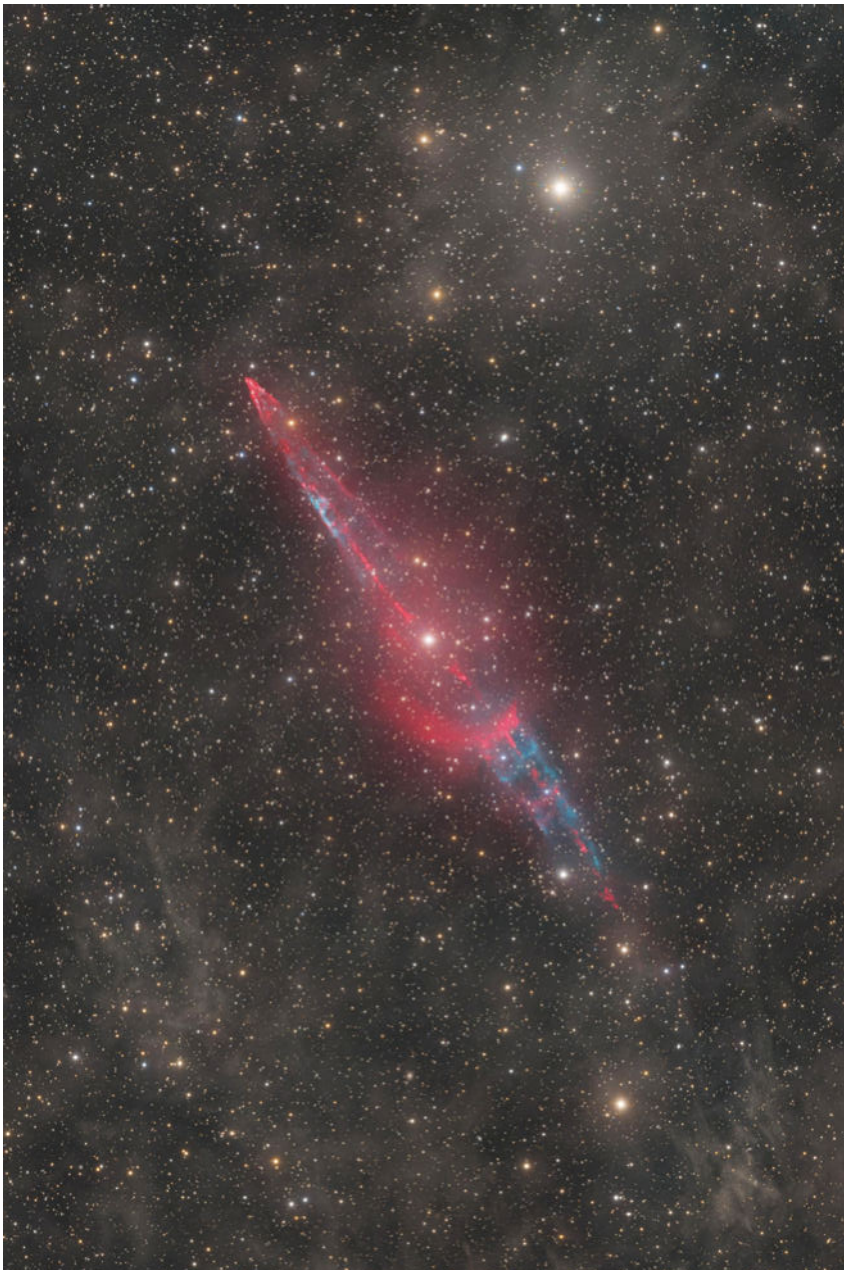
GROS POISSONS DANS LA DORADE

Cette vue spectaculaire due au télescope Hubble montre une région de formation d'étoiles... dans une autre galaxie ! Plus précisément dans un satellite de la nôtre, le Grand Nuage de Magellan, galaxie naine qui orbite à 160 000 années-lumière dans la constellation australe de la Dorade. N159 est l'une de ses plus grandes pouponnières stellaires et s'étend sur 150 années-lumière. Elle n'est visible ici que partiellement. Sa teinte rose est due à l'émission du gaz hydrogène, excité par l'éclat des jeunes étoiles massives du complexe.

© ESA/Hubble & Nasa, R. Indebetouw

BIPOLAIRE

Des jets bipolaires s'étendent sur 19 années-lumière de part et d'autre de l'étoile binaire KX Andromedae. Cette image étonnante a été réalisée par onze amateurs qui ont accumulé 691 h de temps de pose avec divers instruments au cours de l'été 2025. La structure gazeuse n'a été découverte qu'en 2024 et résulte de l'échange de matière entre deux astres très serrés situés à 2500 années-lumière de la Terre. © Tim Schaeffer and the Deep Sky Collective





DOMINOS SUR LA LUNE

Tout juste rendue publique par l'agence spatiale chinoise, cette photo a été prise sur la Lune par la mission Chang'e 6. Après le passage des quatre roues du petit rover Jinchang, la texture du sable lunaire a quelque chose de graphique. Au choix, cela évoque des dominos, dont la plus vieille mention historique connue date de la Chine impériale au XIII^e siècle ! Ou peut-être est-ce là une nouvelle forme d'écriture signifiant à qui la retrouvera : « L'humanité s'est posée ici en l'an 2024. » © CAS/NAOC/GRAS/SegeryU

NOTRE PLACE DANS LA GALAXIE





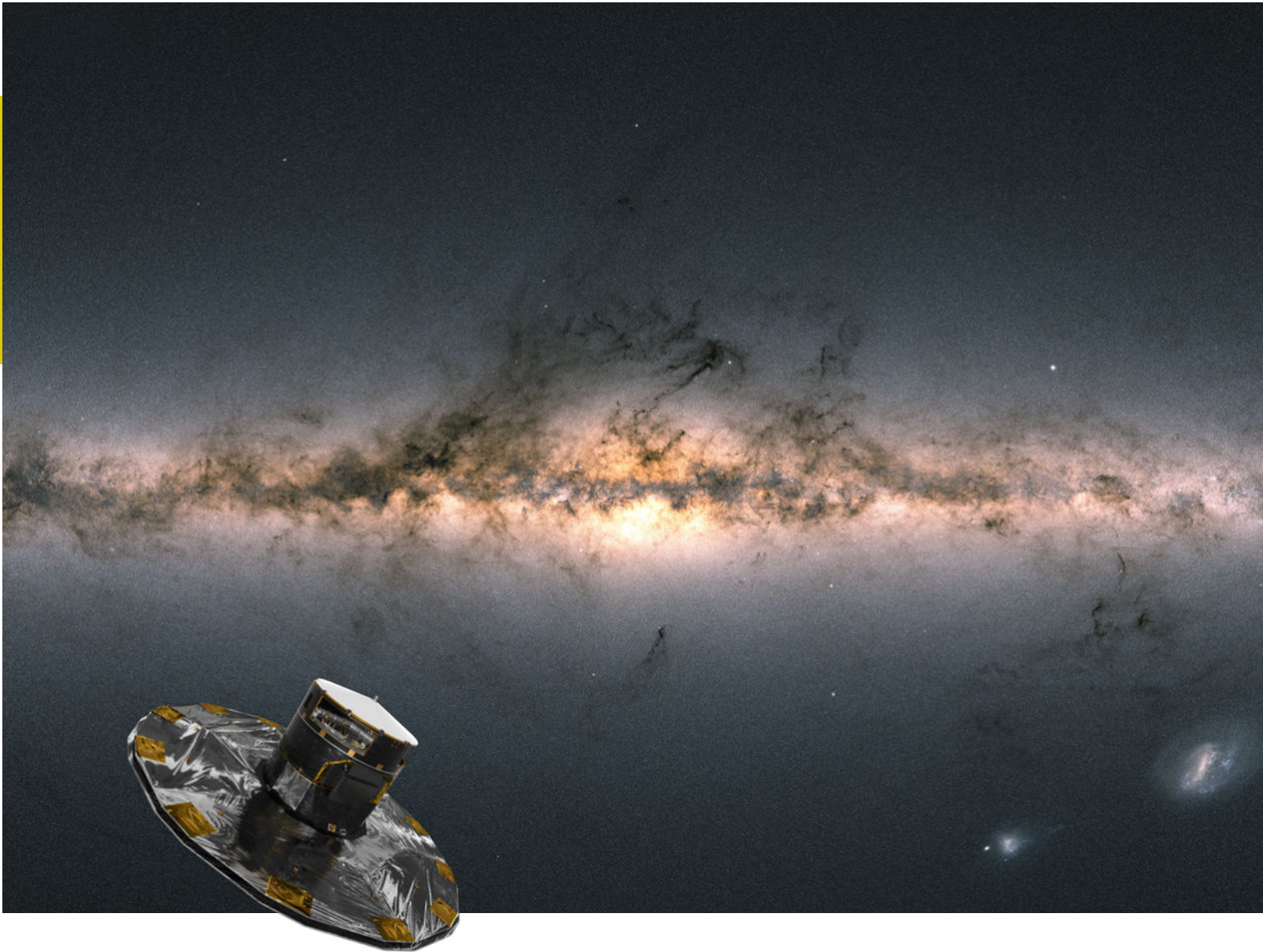
« Vous êtes ici. » Depuis plusieurs décennies, les astronomes savent placer le Soleil et son cortège de planètes — dont la Terre — sur les représentations de la Voie lactée vue de l'extérieur. D'une flèche, ils désignent l'un des bras de la belle galaxie spirale, à mi-chemin entre le bulbe central et le bord de l'immense disque stellaire de 100 000 années-lumière de diamètre. Mais au cours de ces dernières années, en grande partie grâce au satellite européen Gaia, ils ont étudié avec une précision sans précédent les abords de cette région qui nous héberge. Des millions d'étoiles ont été cataloguées, leur mouvement a été mesuré. Si bien qu'il est possible de décrire l'environnement qui entoure le Système solaire. L'exploration va même bien au-delà, puisque la forme de la Galaxie elle-même commence à se révéler dans le détail. Et son évolution dynamique se dessine également. Voici donc où nous sommes, exactement, dans la Voie lactée.

La position du Système solaire est indiquée sur cette représentation fidèle de la Voie lactée, à mi-chemin de son centre et de son bord. © Nasa/JPL-Caltech/R. Hurt (SSC/Caltech)

GAIA DESSINE LA CARTE DE LA VOIE LACTÉE

Le satellite d'astrométrie Gaia cartographie notre galaxie depuis 2013. Les centaines de millions d'étoiles qu'il a cataloguées dessinent les contours d'une ample spirale, barrée et déformée, au sein de laquelle navigue notre Soleil.

Guillaume Langin

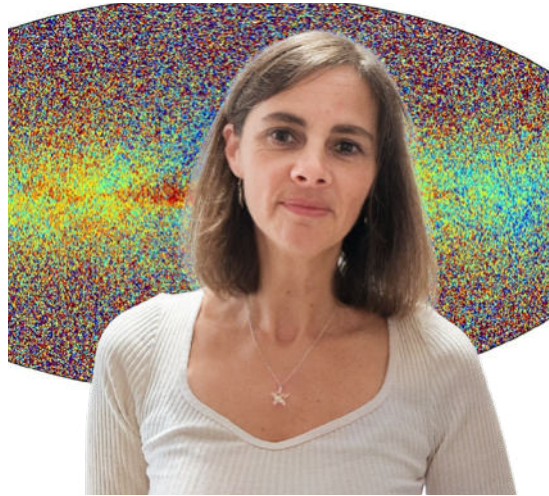


Abraham Ortelius voulait dessiner le monde. En 1570, ce géographe d'Anvers fait sortir des presses d'un imprimeur les 53 cartes qui composent son *Theatrum Orbis Terrarum*. Le *Théâtre du globe terrestre* devient vite un best-seller. Avec raison : l'ouvrage est considéré aujourd'hui comme le premier atlas moderne. Il montre d'un seul tenant l'ensemble des territoires de la planète. Avant cela, l'humanité ignorait ce qui se trouvait de l'autre côté du globe. Cinq siècles plus tard, nous en sommes au même stade. Mais à l'échelle galactique ! « *L'autre côté de la Galaxie est une terra incognita*, pose Alejandra Recio-Blanco, de l'observatoire de la Côte d'Azur. *La quantité d'étoiles que le télescope spatial Gaia est capable de mesurer avec précision dans cette région lointaine est trop faible pour parler de cartographie.* » En effet, les cartographes d'antan ont aujourd'hui cédé leur place aux astronomes. Et pour dessiner notre atlas galactique, leur meilleur atout est ce satellite d'astrométrie lancé par l'ESA en décembre 2013. Gaia détermine avec une précision record la position et la vitesse de plus d'un milliard d'étoiles, parmi les quelque 200 milliards que recèle la Galaxie. Mais la tâche n'est pas aisée, car il nous est impossible de photographier la Voie lactée de l'extérieur. Gaia doit travailler de l'intérieur, depuis un Soleil autour duquel il tourne inlassablement.

Mettre le Soleil sur la carte

Ça n'est toutefois pas à Gaia que l'on doit la position de notre étoile dans le disque de la Galaxie. On la connaît aujourd'hui grâce à l'instrument Gravity installé sur le Very Large Telescope lorsqu'il a observé l'étoile S2. Cet astre est si proche du centre galactique qu'il en fait le tour en 16 ans ! « *L'un des paramètres de cette étude parue en 2019 est la distance de notre étoile au trou noir supermassif qui occupe le centre de la Voie lactée* », explique Benoît Famaey, de l'observatoire de Strasbourg. On sait que cette distance vaut précisément 8,178 kiloparsecs (kp)⁽¹⁾, soit environ 26 700 années-lumière (a.-l.).

Dans le disque plat de quelque 100 000 a.-l. de large que l'on pense être notre galaxie, le Soleil se situe donc à mi-chemin entre le centre et la péri-



On ne peut plus penser la Voie lactée sans considérer l'environnement avec lequel elle interagit, estime Alejandra Recio-Blanco. Un nouveau champ d'études appelé « écologie galactique » est ouvert !

Courtesy A. Recio-Blanco

phérie. « *Par ailleurs, en mesurant le mouvement du trou noir central, on en déduit par effet miroir notre propre mouvement autour du centre galactique* », ajoute Benoît Famaey. On détermine ainsi que le Soleil boucle une révolution en 230 millions d'années. Les dinosaures ont presque vécu assez longtemps pour faire un tour de manège complet !

Barre au centre

Reste à dessiner les grandes structures de la Galaxie... Aussi loin que Gaia puisse voir. « *Pour cartographier la Voie lactée dans sa direction verticale, c'est-à-dire hors du plan, nous avons étudié un échantillon de milliers d'étoiles que Gaia parvient à voir jusqu'à une distance de 15 kiloparsecs du Soleil* », indique Eloisa Poggio. Soit presque la moitié de la Galaxie ! Mais les contours de cette portion de mappemonde sont irréguliers. « *La lumière que détecte Gaia est vite atténuée par la poussière interstellaire. Vers le centre de la Galaxie, où cette poussière est la plus dense, les mesures de distance sont encore imprécises* », complète Alejandra Recio-Blanco. C'est un souci pour qui souhaite élucider les caractéristiques de la barre centrale. Cette structure rectiligne d'étoiles tourne sur elle-même comme l'hélice d'un avion. À quel rythme ? En l'état, les estimations varient (quasi) du simple au double. « *On lui donne une vitesse angulaire située entre 30 et 50 km.s⁻¹.kp⁻¹* », livre l'astronome. Cela signifie un tour complet en 123 à 204 millions d'années.

Lancé fin 2013, le télescope spatial européen Gaia mesure la position et la vitesse de plus d'un milliard d'étoiles. Ses données sont utilisées dans le monde entier pour cartographier notre galaxie. © ESA/Gaia/DPAC

Eloisa Poggio utilise les mesures astrométriques de Gaia pour cartographier la Voie lactée. Ces données lui ont permis de révéler la structure de notre galaxie à très grande distance.

Courtesy E. Poggio



Quant à savoir jusqu'où s'étend cette barre : « *Entre 10 000 a.-l. et 16 000 a.-l. du centre galactique* », répond Alejandra Recio-Blanco. À l'avenir, Gaia devrait aider à y voir plus clair. Chaque version de son catalogue contient plus d'étoiles et de données les concernant que la précédente. Le prochain catalogue DR4 (pour Data Release 4) est attendu pour 2026. Quant à la version finale DR5, établie à l'issue de dix années d'observation cumulées, il faudra attendre le début de la prochaine décennie.

Au-delà de cette barre s'étendent les bras d'une ample spirale. La densité de gaz, de poussière et d'étoiles est plus grande qu'ailleurs dans ces régions

de l'espace. C'est là aussi que naissent plus favorablement les astres. Les premiers feux des jeunes étoiles font ressortir ce tourbillon galactique sur le fond noir du cosmos. Cela s'observe aisément dans d'autres galaxies quand elles sont vues de dessus. Mais au cœur de l'action, il est bien difficile de deviner à quoi ressemble notre spirale à nous. À commencer par savoir combien de bras spiraux la composent. « *Sur les cartes de Gaia, on en distingue trois de façon claire. Peut-être quatre. Mais on en sait encore très peu sur la structure spirale* », indique Eloisa Poggio. « *Le débat reste ouvert* », abonde Benoit Famaey.

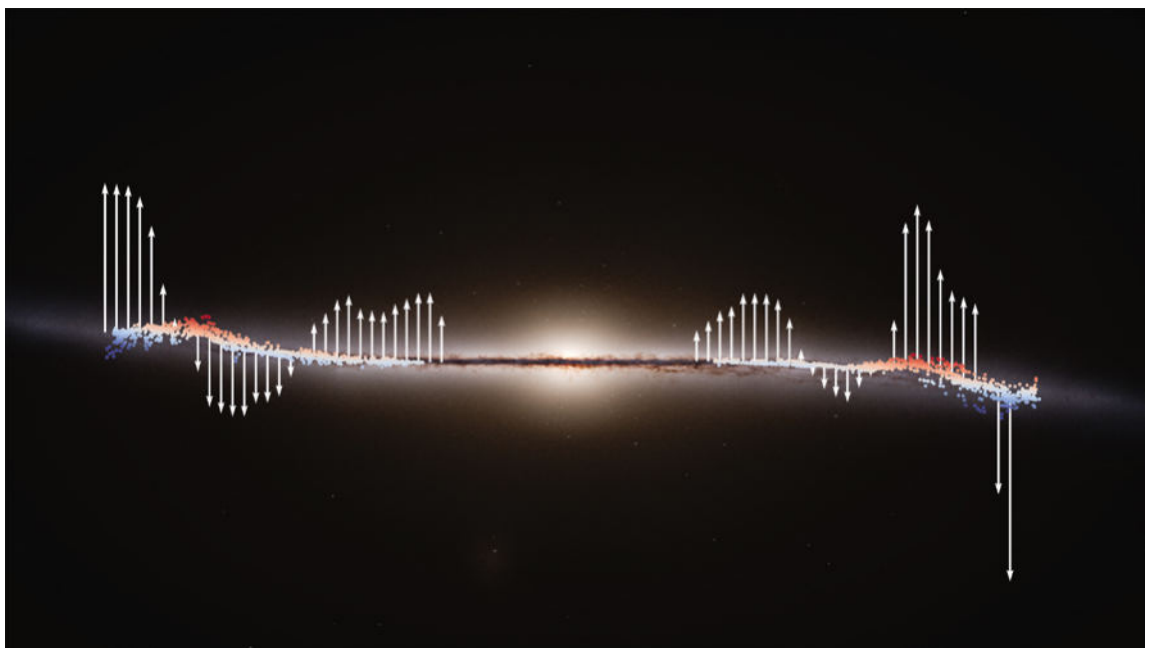
Deux à cinq bras

On suppose néanmoins que le nombre de bras ne doit pas être trop éloigné de quatre. C'est ce qu'a établi en 2019 l'équipe de Mark Reid (Centre d'astrophysique de Harvard) en étudiant les émissions radio de 200 étoiles jeunes et massives. Depuis ce travail, antérieur aux données Gaia, la réponse dépend du type d'astres que les astronomes examinent dans les catalogues de Gaia. « *Les étoiles vieilles auront plutôt tendance à détecter deux bras majeurs. Les étoiles jeunes en donnent davantage.* », explique Benoit Famaey.

Grâce aux dernières mesures de vitesses de Gaia, le chercheur a ajusté en 2025 un modèle du champ des forces gravitationnelles qui règnent dans notre Galaxie... pour déduire qu'elle serait une spirale à

En 2025, l'existence d'une grande vague affectant la périphérie de notre galaxie a été découverte. Elle pourrait traverser le plan galactique de part en part ! La longueur des flèches n'est pas à l'échelle.

© ESA/Gaia/DPAC



cinq bras. Indépendamment du nombre de bras, « le catalogue DR3 indique que la spirale au sein de la Voie lactée serait moins compacte qu'on le pensait jusque-là », complète Eloisa Poggio.

En septembre 2025, cette jeune chercheuse italienne a découvert une autre propriété concernant la structure de notre galaxie. On savait déjà grâce à Gaia que son disque n'était pas parfaitement plat, mais tordu à sa périphérie. On sait maintenant que cette roue de vélo voilée serait, en outre, traversée de part et d'autre par une grande vague. Celle-ci s'apparente aux ronds dans l'eau que produit un jet de pierre dans un étang [lire C&E 604 p. 23]. Sans savoir encore à quel rythme cette onde monte et descend, ni même s'être interrogé sur sa cause, on a mesuré que les étoiles qu'elle traverse s'éloignent du plan galactique à une distance n'excédant guère 600 a.-l., soit 0,6 % de l'étendue de la Voie lactée. Des montagnes russes stellaires plutôt tranquilles, en quelque sorte... Mais cette caractéristique du disque vient s'ajouter à une autre perturbation trouvée huit ans plus tôt, sur la base du précédent catalogue d'étoiles (DR2). En 2018, l'équipe de Teresa Antoja avait pointé d'autres ondes engendrées par le passage de la galaxie naine du Sagittaire, qui tourne autour de la nôtre en la frôlant de trop près. « Gaia nous a appris qu'on ne peut pas penser la Voie lactée sans prendre en compte son environnement. On parle maintenant d'écologie galactique ! »

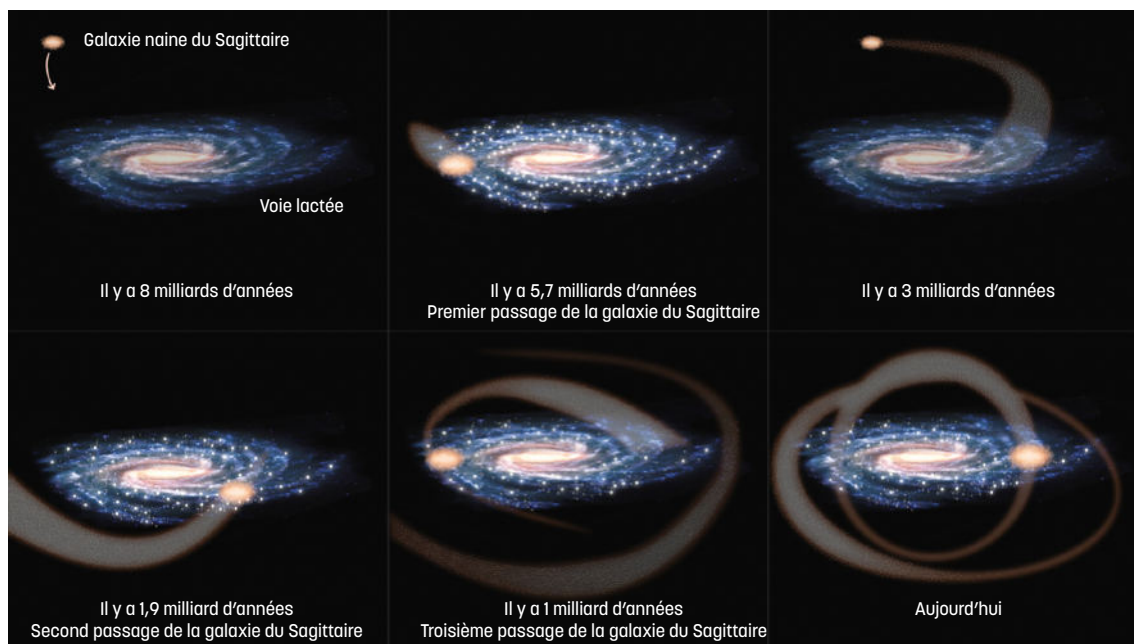


En combinant les vitesses stellaires mesurées par Gaia aux modèles de forces gravitationnelles qui règnent au sein de notre galaxie, l'équipe de Benoit Famaey a déduit que la Voie lactée devait compter cinq bras spiraux.

© MR/Univ. de Strasbourg

indique Alejandra Recio-Blanco. Parmi la cinquantaine de petites galaxies qui errent dans notre voisinage, les principales perturbatrices avaient déjà été identifiées. Il s'agit du Grand et du Petit Nuage de Magellan, et de la galaxie naine du Sagittaire. « Gaia n'a pas trouvé d'autre perturbateur majeur, mais nous a donné des lunettes pour comprendre précisément les effets de ces trois-là », décrit Eloisa Poggio. Retenez que s'il vous vient l'envie de dessiner l'atlas de la Voie lactée aujourd'hui, vous risqueriez de devoir réviser votre copie dans quelques centaines de millions d'années! ☹️

(1) Un kiloparsec = 1000 parsecs = 3262 années-lumière.



La galaxie naine du Sagittaire est un satellite de la Voie lactée. Ses passages répétés permettent d'expliquer les ondes d'étoiles et autres déformations que Gaia mesure au sein de notre galaxie. © ESA

UN PETIT COIN DE GALAXIE

Étoiles géantes, systèmes multiples, amas stellaires... Le voisinage du Soleil compte son lot d'objets atypiques. Grâce aux mesures du satellite Gaia, il est désormais possible de savoir précisément à quoi ressemble l'espace au-delà du Système solaire.

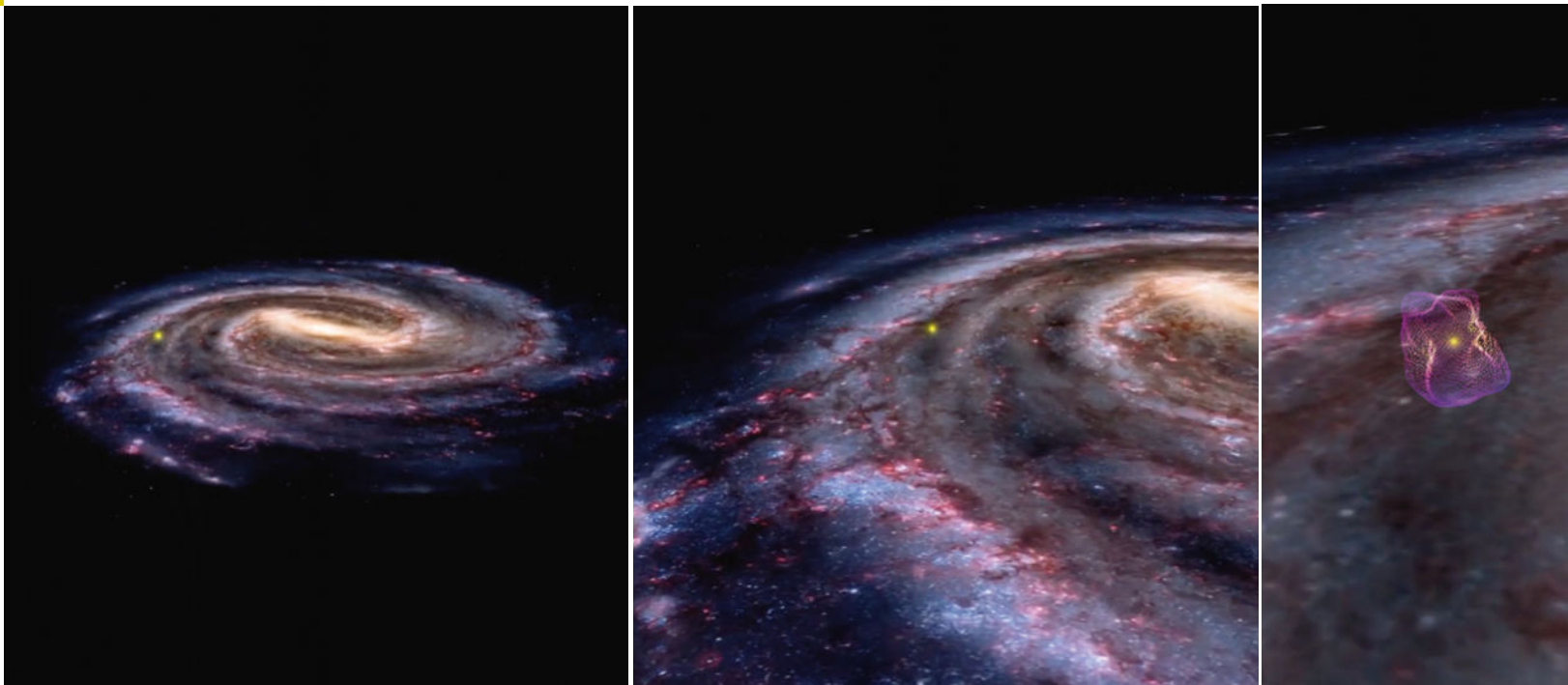
Pierre Giraudeau

Presque tout ce que nous pouvons voir à l'œil nu dans le ciel nocturne appartient à la Voie lactée, notre galaxie, un groupement de centaines de milliards d'étoiles qui s'enroule en une spirale de 100 000 années-lumière de diamètre. La plupart des innombrables étoiles qui la composent sont trop loin pour que nous les discernions. Mais leur lueur cumulée et diffuse barre le ciel d'une trainée laiteuse (d'où son nom) particulièrement spectaculaire par une nuit sans Lune. En tout et pour tout, dans les meilleures conditions, nous ne distinguons qu'environ 6 000 étoiles à l'œil nu sur l'ensemble de la sphère céleste. Et une majorité des étoiles les plus évidentes sont en fait assez

Vous êtes ici : autour d'une petite étoile située dans un des bras d'une galaxie spirale large de 100 000 années-lumière. Les mesures détaillées du satellite Gaia ont permis de préciser les astres qui nous entourent. © Nasa/Goddard/Adler/U. Chicago

proches de nous, dans une sphère dont le rayon est le centième de celui de la Voie lactée. Sans instrument, le ciel donne donc surtout à voir le voisinage immédiat du Soleil. Une zone réduite extrêmement étudiée par les astronomes et très bien connue grâce au satellite européen Gaia, dont les observations ont permis le recensement presque complet des étoiles proches en décembre 2020. Pourtant, aussi petit soit-il face à la Galaxie, ce voisinage du Système solaire regorge déjà d'astres insolites et d'indices pour comprendre le cosmos.

Pour commencer, le Soleil, notre étoile, se trouve dans une région plutôt excentrée de la Voie lactée, dans un petit bras de la spirale galactique, le bras



d'Orion. Plus précisément dans une région pauvre en gaz interstellaire que l'on appelle la Bulle locale. Car l'espace entre les étoiles n'est pas totalement vide. On y trouve en moyenne un atome par centimètre cube, et la Bulle locale est encore 100 fois moins dense. « Elle a été formée il y a plus de 10 millions d'années par les explosions d'étoiles très massives. Ces supernovas ont soufflé les gaz de la zone », explique Frédéric Arenou, de l'observatoire de Paris. Le bord de cette bulle, où la matière s'est concentrée, est devenu une région de formation de nouvelles étoiles par effondrement de ces gaz, dont la densité initiale est pourtant bien inférieure aux vides les plus vides réalisables en laboratoire.

À notre échelle, les dimensions de la Bulle locale sont proprement gigantesques, entre 300 et 1000 années-lumière de diamètre en fonction des régions, ce qui correspond environ à l'épaisseur de la Voie lactée et à un centième de son diamètre. À titre de comparaison, l'objet humain le plus éloigné de la Terre, la sonde Voyager 1 lancée en 1977, se trouve à présent à 25 milliards de kilomètres du Soleil. C'est presque six fois plus loin que la plus lointaine planète du Système solaire, Neptune. Et pourtant, cette distance ne correspond qu'à un jour de voyage à la vitesse de la lumière : 1 jour-lumière. L'étoile la plus proche, Proxima du Centaure, est

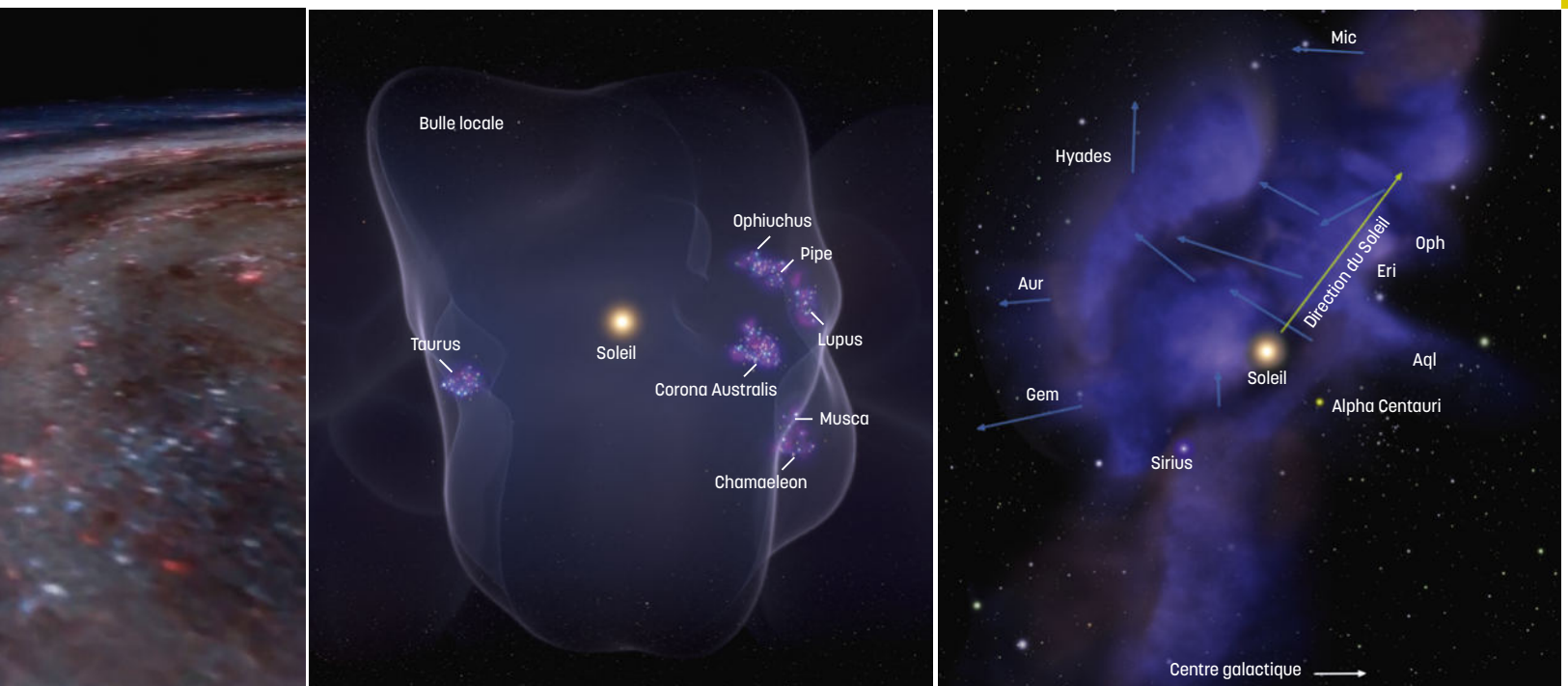
1500 fois plus loin, à 4,25 années-lumière (a.-l.) et la Bulle locale est des centaines de milliers de fois plus large.

Notre Bulle locale

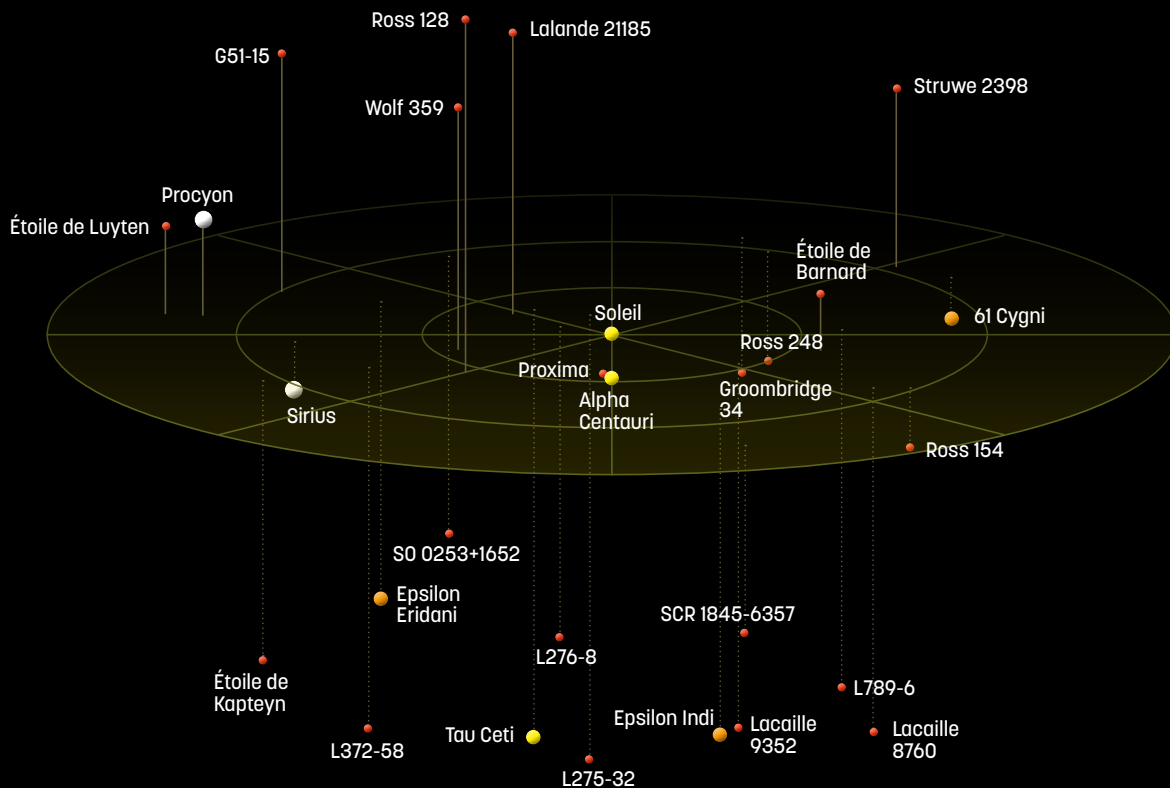
La Bulle locale est certes pauvre en gaz, mais elle est loin d'être vide et beaucoup d'étoiles visibles s'y trouvent. Plus des trois quarts des 1000 étoiles les plus brillantes du ciel sont à moins de 500 a.-l. du Soleil. On peut citer par exemple Sirius, l'étoile la plus lumineuse, à 8,6 a.-l., l'Étoile polaire, qui nous indique le nord, autour de 350 a.-l., ou encore l'amas des Pléiades à 440 a.-l. environ. Cela ne veut pas dire que l'espace est particulièrement chargé autour de nous : dans un rayon de 10 a.-l., il n'y a que neuf systèmes stellaires comptant dix étoiles et trois naines brunes...

Et il faut se rendre à l'évidence : la grande majorité des étoiles du voisinage solaire sont invisibles à l'œil nu. Sur les treize astres les plus proches, seuls trois sont discernables sans instrument d'optique. En effet, la luminosité diminue comme le carré de la distance, ce qui signifie qu'une même étoile située 10 fois plus loin apparaîtra comme 100 fois moins lumineuse. Ainsi, l'étoile 51 Pegasi (aussi appelée Helvetios), autour de laquelle a été découverte la première exoplanète en 1995 et qui est très sem-

La grande majorité des étoiles voisines du Soleil sont invisibles à l'œil nu



Dans un rayon de 15 années-lumière



blable au Soleil, est à seulement 50 a.-l. Mais elle est à la limite de ce qu'il est possible de voir sans instrument. Plus loin, nos yeux ne sont donc capables de voir que des objets plus lumineux que le Soleil. Accessoirement, cela signifie aussi qu'au-delà de 50 a.-l., le Soleil n'est guère visible...

Trouver les aiguilles dans la botte de foin

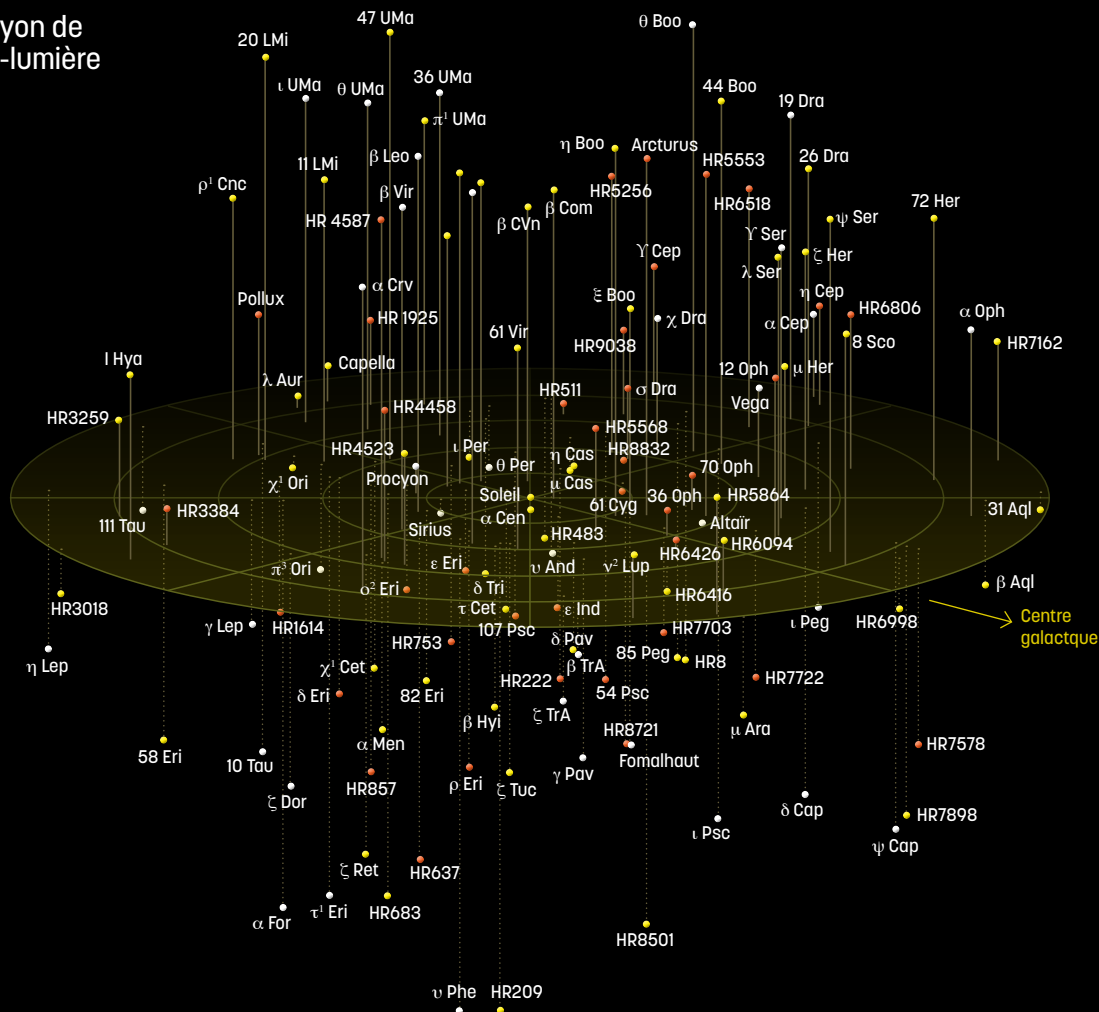
Fin 2020, l'analyse des mesures du télescope spatial Gaia a conduit au catalogue le plus complet à ce jour des objets proches du Soleil. Dans un rayon de 33 a.-l., on dénombre en tout 377 étoiles et 85 naines brunes. Ces dernières sont des corps plus massifs que des planètes, mais pas suffisamment pour entretenir les réactions de fusion nucléaire propres aux étoiles. Contrairement au Soleil, seul au centre du Système solaire, certains de ces astres ont un ou plusieurs compagnons. On compte par exemple 69 systèmes doubles (comme

celui de la planète Tatooine et ses deux soleils, imaginé pour la saga *Star Wars*), mais on y rencontre aussi des systèmes triples, quadruples, et même deux systèmes quintuples.

En s'éloignant 10 fois plus, dans une sphère de 330 a.-l. autour du Soleil, Gaia recense pas moins de 331 000 astres. « *On souhaite référencer le plus grand nombre d'objets de tout type*, éclaire Frédéric Arenou. *Le but est d'avoir la botte de foin pour trouver les aiguilles.* » Les aiguilles en question, les exceptions, ce sont les astres qui n'appartiennent pas à ce qu'on appelle « la séquence principale », c'est-à-dire la phase la plus longue de la vie d'une étoile durant laquelle elle alimente en son cœur des réactions de fusion d'atomes d'hydrogène pour donner de l'hélium. Le Soleil, comme la majorité de ses voisines, fait partie de cette catégorie.

Quand les réserves d'hydrogène d'une étoile s'épuisent, les réactions de fusion s'arrêtent un

Dans un rayon de
50 années-lumière



temps et son cœur se contracte jusqu'à déclencher la fusion de l'hélium. L'astre quitte alors la séquence principale et l'énergie dégagée par les réactions nucléaires fait enfler ses couches externes. L'étoile devient une géante. C'est le cas, par exemple, de la plus vieille étoile connue de l'Univers, surnommée Matusalem, située à seulement 200 a.-l. du Soleil et qui se serait formée quelques centaines de millions d'années seulement après le big bang il y a 13,8 milliards d'années. On trouve ainsi 1 500 étoiles géantes en fin de vie, dans ce rayon de 330 a.-l. autour du Soleil, et presque 22 000 étoiles déjà mortes : des naines blanches. Ces dernières ont expulsé leurs couches externes après l'épuisement de leurs réserves d'hélium. Ne subsiste alors qu'un cœur chaud et dense d'une taille comparable à la Terre. Notre Soleil, vieux de 4,6 milliards d'années, connaîtra lui aussi cette fin. Il se changera en géante dans environ 5 milliards d'années, mul-

tipliant son diamètre par 100, avant de mourir et de laisser son cœur sous forme de naine blanche.

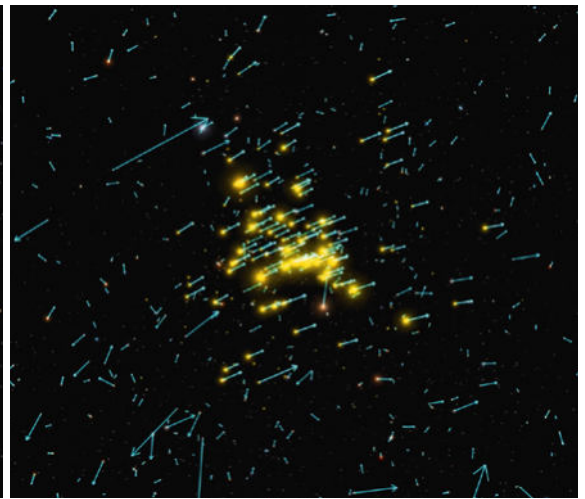
Pas de trou noir à l'horizon

Certaines étoiles très massives, au moins huit fois plus que le Soleil, ne suivent pas tout à fait la même évolution et ont une mort beaucoup plus violente. Elles provoquent une explosion appelée supernova. Pendant plusieurs jours, cette explosion brille presque autant que la galaxie tout entière. Ensuite, elle laisse derrière elle, non pas une naine blanche, mais une étoile à neutrons, un astre comprimé si fort par la gravité qu'un seul mètre cube pèse autant que toute l'eau présente sur Terre. Pour des étoiles encore plus massives, le champ gravitationnel peut être si fort que la lumière ne parvient plus à s'échapper du cadavre de l'étoile, qui devient alors un trou noir. Aucune étoile du voisinage du Soleil n'est assez massive pour provoquer une supernova,

Notre étoile compte environ 140 voisines dans un rayon de 50 années-lumière. La plupart d'entre elles sont invisibles à l'œil nu. C'est d'ailleurs le cas du Soleil à une telle distance.

L'amas des Hyades est le plus proche de nous (simulation ci-contre). Son centre se trouve à 150 années-lumière, mais ce millier d'étoiles s'étend en réalité bien au-delà. D'après les vitesses mesurées par Gaia, ce groupe d'étoiles nées ensemble il y a 700 millions d'années s'étend sur près de 3 000 années-lumière.

© ESA Gaia Mission



selon Annie Robin, chercheuse à l'observatoire de Besançon. « Pour créer des étoiles très massives, il faut d'énormes nuages de gaz qui, heureusement pour nous, sont assez rares », rassure-t-elle. Pas de trace non plus d'étoile à neutrons ou de trou noir ; les plus proches confirmés aujourd'hui se trouvent respectivement à 815 et 1 556 a.-l. du Soleil.

Une étoile très banale

Dans cette foule stellaire qui l'entoure, le Soleil sort difficilement du lot. « Il n'a rien de vraiment exceptionnel, estime Frédéric Arenou. Une étoile plus banale serait peut-être un peu plus rouge et aurait un compagnon. » Les étoiles solitaires comme le Soleil ne représentent en effet que la moitié de la population stellaire ; l'autre moitié est regroupée en systèmes multiples. On rencontre même deux amas d'étoiles dans l'échantillon examiné par Gaia : les Hyades, qui forment le « V » de la constellation du Taureau et rassemblent un millier d'astres [lire p. 104] ; et un plus modeste, Melotte 111, dans la constellation de la Chevelure de Bérénice.

Ces amas sont constitués d'étoiles sœurs, nées au même moment dans le même nuage de gaz.

Le Soleil n'est pas non plus le seul à avoir un cortège de planètes. Fin novembre 2025, l'encyclopédie des systèmes planétaires de l'observatoire de Paris dénombrait 7 847 exoplanètes connues. Le quart d'entre elles se trouve à moins de 330 années-lumière de nous. la plus proche est tout près, autour de l'étoile Proxima du Centaure. Il en existe probablement beaucoup plus dans les environs du Soleil, mais n'émettant pas leur propre lumière, elles sont très difficiles à détecter.

À noter que les planètes ne sont pas toujours autour d'une étoile. Certaines dites « errantes » ou « flottantes » voyagent seules comme « PSO J318.5-22 », un objet de 7 fois la masse de Jupiter, situé à 84 a.-l. de la Terre. Ces astres pourraient pour certains avoir été éjectés du système dans lequel ils se sont formés, et pour d'autres, être nés comme les étoiles, par effondrement d'un nuage de gaz. D'autres objets plus petits encore peuplent l'espace. En octobre 2017, l'astéroïde Oumuamua avait

Sept records au voisinage du Soleil

L'étoile la plus proche

À 4,37 années-lumière de nous, nos premières voisines sont en fait trois, valsant ensemble dans le système Alpha du Centaure. C'est la naine rouge Proxima qui est la plus excentrée et qui détient donc le titre d'étoile la plus proche du Soleil.

Le trou noir le plus proche

Formés par l'effondrement du cœur d'étoiles très massives, les trous noirs stellaires ne laissent pas même la lumière échapper à leur attraction. Le plus proche confirmé, « BH1 », se trouve à 1565 années-lumière, mais certains pourraient se cacher dans l'amas des Hyades, dix fois plus près de nous.

La toupie la plus rapide

Un tour en 7 h 46 min : Altair, dans la constellation de l'Aigle, tourne sur elle-même 75 fois plus vite que le Soleil. Cette célérité lui donne une forme aplatie. Son rayon équatorial est 25 % plus grand que son rayon polaire.

défrayé la chronique. Il est devenu le premier objet interstellaire détecté lors de sa traversée éclair du Système solaire. Il a depuis été rejoint par la comète Borisov en 2019, et plus récemment par la comète Atlas, découverte en juillet 2025.

Les traces d'une ancienne galaxie

Une des grandes forces de Gaia est de fournir, en plus des positions des astres, des mesures de leur vitesse et de leur direction de déplacement. « Nous pouvons reconstituer leur mouvement grâce à ces données », précise Frédéric Arenou. On peut savoir où les étoiles vont et d'où elles viennent. » Les observations du satellite européen ont permis ainsi d'identifier douze étoiles qui semblent être nées dans une autre galaxie, Gaia-Encelade, assimilée par la Voie lactée il y a une dizaine de milliards d'années.

Reconstruire le mouvement bouscule l'impression d'un ciel figé et immuable à l'échelle des vies humaines. Sur le site de l'Agence spatiale européenne, on peut voir une simulation qui projette sur les prochains 500 millions d'années la trajectoire

de 74 000 étoiles proches de la nôtre. Un fait est frappant : ces étoiles ne sont que des voisines de circonstance. L'environnement actuel du Soleil se disperse assez vite, jusqu'à former un long ruban qui s'enroule autour de la Voie lactée. Le Soleil file lui-même autour du centre galactique à 800 000 km/h et en boucle le tour en 200 millions d'années. « Il a déjà effectué une vingtaine de tours de la Voie lactée. On pense même qu'il est né plus près du centre galactique qu'il ne l'est aujourd'hui », souligne Françoise Combes, astrophysicienne à l'observatoire de Paris. Il ne fait que traverser la Bulle locale, comme il a dû en franchir beaucoup d'autres. » Notre position actuelle dans la Bulle locale offre pourtant une vue privilégiée sur notre voisinage et le reste de l'Univers grâce à l'absence de nuage de gaz qui pourraient absorber les rayons lumineux. Ailleurs dans la Galaxie et à d'autres époques, le ciel aurait pu être bien moins généreux. Dans le cas improbable, mais tout de même possible où le Soleil aurait traversé un immense nuage de gaz opaque, la Terre aurait même pu connaître des nuits sans étoiles. ☾



Le satellite européen mesure la vitesse et le déplacement des astres. Il a révélé douze étoiles issues d'une ancienne galaxie absorbée par la Voie lactée : Gaia-Encelade. Vues d'artiste © G. Pérez Díaz, SMM/IAC

L'étoile la plus vieille connue

« Matusalem », l'étoile la plus âgée connue, est relativement proche. Elle se trouve à 200 années-lumière du Soleil. Elle serait née il y a environ 13 milliards d'années.

Une ancienne très proche voisine

Une étoile est passée à 0,82 année-lumière du Soleil il y a 70 000 ans, soit dans le Nuage d'Oort, les limites externes du Système solaire. L'« étoile de Scholz », une naine rouge, se trouve aujourd'hui à une vingtaine d'années-lumière.

Le système stellaire le mieux fourni

Castor, de la constellation des Gémeaux, paraît seule à l'œil nu, mais il s'agit en fait de trois couples d'étoiles qui tournent les unes autour des autres. Il s'agit du système sextuple le plus proche du Soleil, à environ 50 années-lumière.

La naine blanche la plus proche

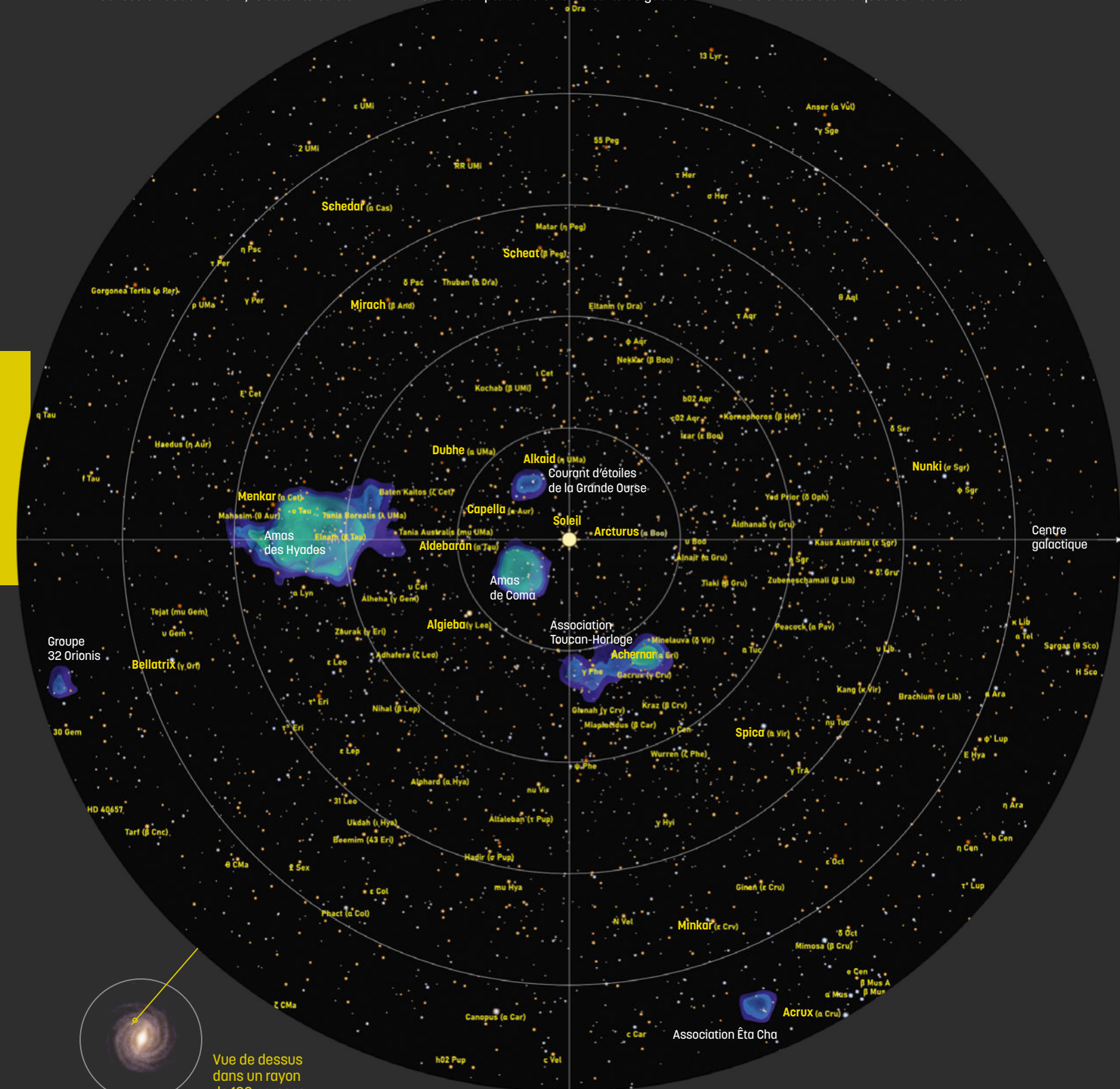
Sirius, l'étoile la plus brillante du ciel nocturne, a une compagne invisible à l'œil nu : une naine blanche. Ce résidu d'une étoile morte a gardé une partie de sa chaleur malgré l'arrêt des réactions de fusion.

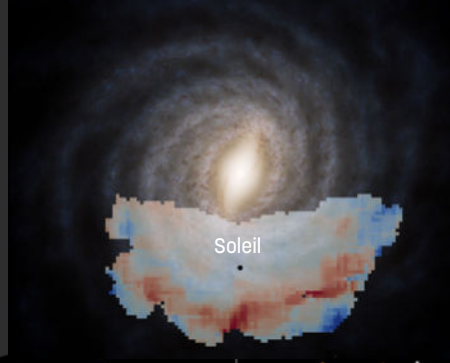
LES PRINCIPALES ÉTOILES PROCHES

L'espace entre les étoiles est immense. Et pourtant, dans un rayon de 326 années-lumière — soit 100 parsecs, une unité plus volontiers utilisée en astronomie —, le satellite Gaia a

recensé 303 446 étoiles ! La carte présentée sur cette double page en localise les principales. Elle est publiée en deux parties afin de tenter de rendre compte du volume. La carte de gauche

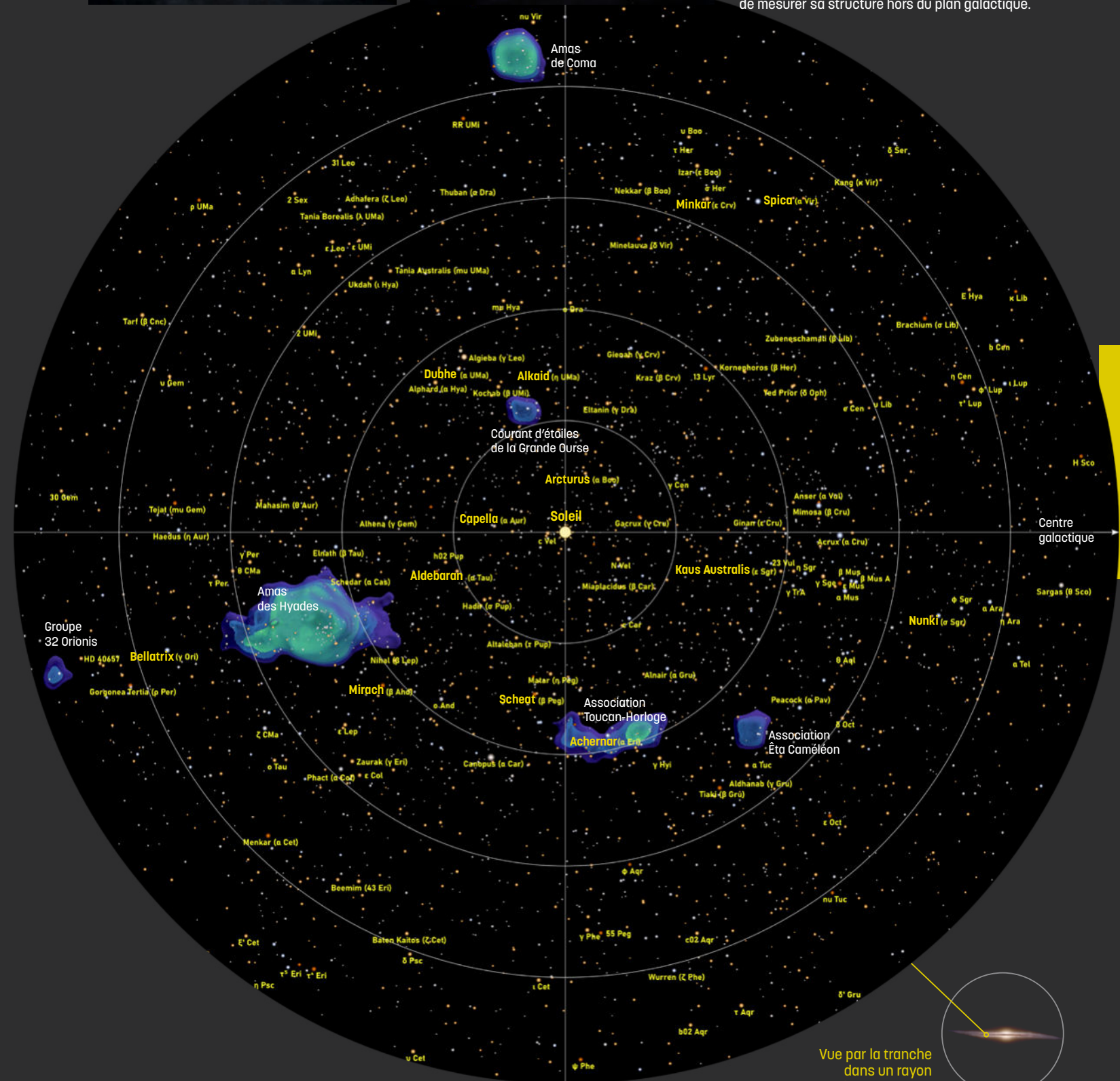
est une vue de dessus. Celle de droite est une vue de profil, dans le plan de la Voie lactée. Dans les deux cas, la direction du centre de la Voie lactée est indiquée sur la droite.





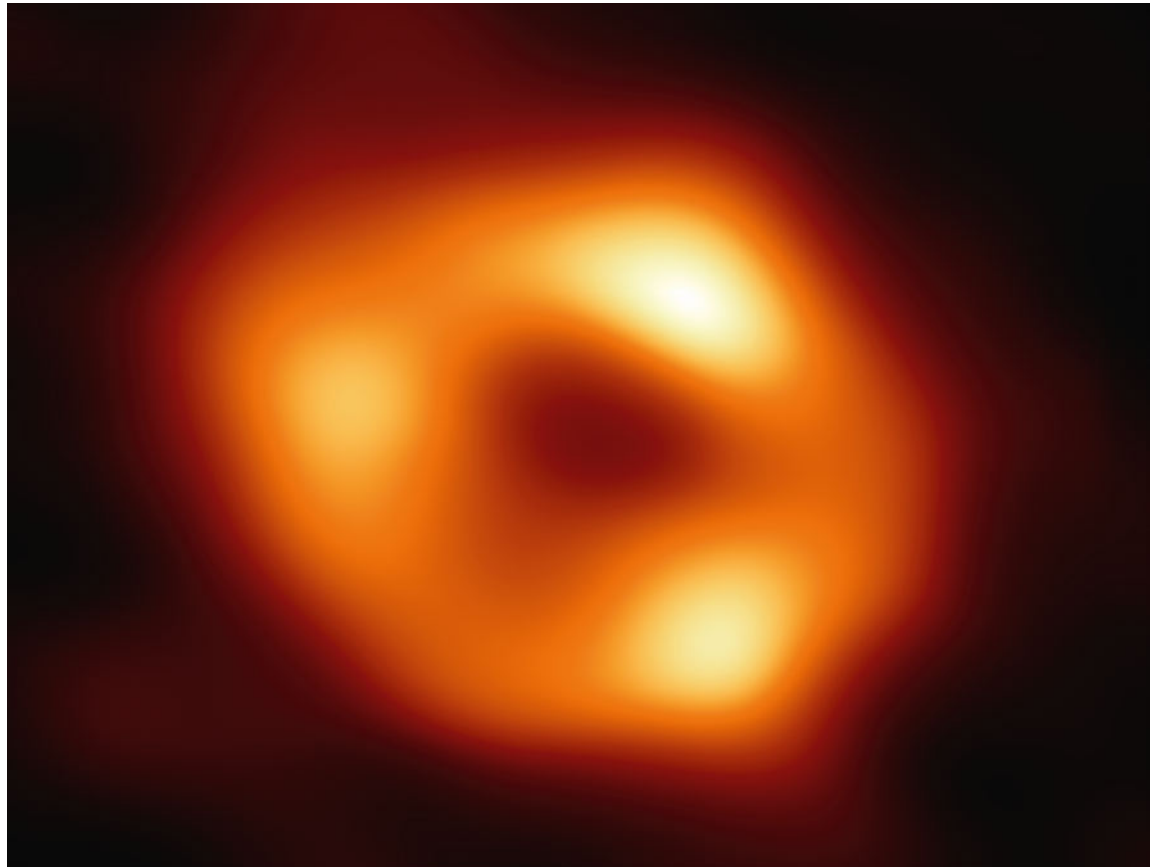
CARTOGRAPHIES GALACTIQUES

Les astronomes utilisent le satellite Gaia aussi loin qu'il puisse voir pour dessiner la carte de notre galaxie. Dans un rayon de 16 000 années-lumière, le télescope spatial détecte suffisamment d'étoiles pour élucider les bras spiraux dans le plan de la Voie lactée (à gauche). De jeunes étoiles brillantes vues jusqu'à 46 000 années-lumière (à droite) ont permis de mesurer sa structure hors du plan galactique.



Voici le premier portrait du trou noir supermassif SgrA*, qui réside au centre de notre galaxie. L'image est issue des observations réalisées en 2017 par huit grands télescopes afin de constituer un instrument virtuel de taille « planétaire ».

© Collaboration EHT



DES MILLIONS DE TROUS NOIRS À DÉBUSQUER

Les trous noirs les plus nombreux dans la Galaxie ne sont pas les plus massifs... ni les plus faciles à repérer. Le satellite Gaia promet d'allonger le tableau de chasse, qui ne compte que trois spécimens pour le moment.

Émilie Martin

Si l'on vous demande quels félins peuplent la jungle, vous répondrez probablement d'emblée le tigre, le plus puissant de tous. Vous citerez aussi le puma et le jaguar, mais peut-être oublierez-vous le jaguarondi, l'ocelot et le margay, moins connus et qui, pourtant, influencent de façon notable l'écosystème de ces épaisses forêts tropicales. La Voie lactée, c'est un peu comme la jungle : si l'on vous interroge sur sa

population de trous noirs, vous nommerez certainement le trou noir supermassif tapi en son cœur, ainsi que les trous noirs stellaires, résidus de l'explosion d'étoiles massives. Mais ces dernières années, la zoologie de ces monstres qui arpentent notre galaxie s'est révélée bien plus éclectique qu'on ne l'avait imaginé...

Pour dresser le bestiaire des trous noirs de la Voie lactée, commençons par Sa Majesté Sagittarius A*

(SgrA*). Ce trou noir supermassif « pèse » 4 millions de masses solaires et s'étend sur 24 millions de kilomètres de diamètre. En 2022, les astronomes ont réussi, tels de patients photographes animaliers à l'affût, à tirer le portrait du monstre avec le réseau de télescopes Event Horizon Telescope (EHT). Le cliché a révélé la présence d'un cercle lumineux autour d'une ombre. Cet anneau est constitué de gaz portés à 100 milliards de degrés. Ceux-ci tourbillonnent quasiment à la vitesse de la lumière avant de s'engouffrer dans l'ombre centrale. C'est l'*horizon des événements*, autrement dit la gueule de la bête : la frontière au-delà de laquelle rien, même pas la lumière, ne peut s'échapper.

Dans le cosmos, le roi SgrA* est loin d'être un spécimen isolé. « *Toutes les galaxies que l'on découvre avec le télescope spatial James Webb abritent en leur cœur un trou noir supermassif, révèle David Elbaz, astrophysicien au CEA. C'est le cas même pour les plus lointaines d'entre elles, nées quelques millions d'années seulement après le big bang. Cela suggère que SgrA* ainsi que tous les monstres de son acabit se sont formés très tôt dans l'histoire de l'Univers.* » Comment ? « *Les étoiles de première génération, véritables mastodontes, ont pu donner naissance à des trous noirs de 100 à 100 000 masses stellaires qui, en accrétant autour d'eux tout le gaz environnant, se sont peu à peu habillés d'une galaxie, explique Astrid Lamberts, spécialiste des trous noirs à l'observatoire de la Côte d'Azur. Il est possible aussi que ces trous noirs supermassifs soient nés par fusions successives de congénères de plus petits calibres.* »

Des résidents incognito

Mais parmi ces « poids moyens » apparus dans l'enfance de l'Univers, tous ne se sont pas entourés d'un univers-île. Les astronomes font donc le pari que dans chaque galaxie, y compris la nôtre, il doit subsister au moins quelques-uns de ces trous noirs « de masse intermédiaire » (ou IMBH pour Intermediate Mass Black Holes). D'un gabarit compris entre 100 et 100 000 masses solaires, les IMBH s'étendent sur environ 1 million de kilomètres. On estime que jusqu'à un millier d'entre eux pourraient se cacher dans la Voie lactée. Toutefois, aucun individu de cette espèce n'a encore formellement été identifié à ce jour. « *C'est qu'ils habitent la Galaxie incognito !* » s'amuse David Elbaz. Ils ne sont en effet pas assez massifs pour allumer autour d'eux un anneau de gaz surchauffé qui les trahirait, comme le fait SgrA*. À l'inverse, ils sont pour la plupart trop massifs pour provoquer des ondes gravitationnelles⁽¹⁾ d'une fréquence

déTECTABLE par les observatoires dédiés Ligo, Virgo et Kagra. Mais, foi d'explorateurs de la forêt galactique, des candidats existent. Plusieurs d'entre eux auraient été démasqués via les perturbations qu'ils engendrent sur les étoiles et le gaz alentour dans les amas globulaires, ces grappes d'étoiles affichant un âge très avancé et situées dans le halo de la Galaxie. Des trouvailles encore à confirmer.

Si vous entreprenez un safari dans la Voie lactée avec l'espoir d'apercevoir à coup sûr des créatures avaleuses de lumière, oubliez donc les IMBH (trop furtifs) et le trou noir supermassif (trop lointain). Mettez plutôt sur l'espèce comptant le plus d'individus : les trous noirs stellaires. Comprenez : ceux issus de l'explosion d'une étoile massive (d'une masse supérieure à 10 fois celle du Soleil). Quand ces championnes arrivent en fin de vie, leur cœur composé de fer devient si lourd, au-delà de 2 à 3 masses solaires, que plus aucune force n'est capable de contrecarrer la gravité : l'étoile s'effondre sur elle-même dans un feu d'artifice appelé supernova et laisse derrière elle un astre très compact. C'est soit une étoile à neutrons, soit un trou noir. Le cœur d'une étoile massive peut également atteindre ce seuil fatidique si elle se trouve dans un système binaire et qu'elle dévore progressivement le gaz de son étoile compagne. Quelle que soit la méthode de production,

Quelques trous noirs de masse intermédiaire doivent circuler dans la Voie lactée, mais ils restent discrets...



Les trous noirs supermassifs que l'on observe aujourd'hui au centre de chaque galaxie ont dû se former très tôt dans l'histoire de l'Univers, estime l'astrophysicien David Elbaz.
Courtesy D. Elbaz



ces « poids légers » affichent une masse de 3 à 100 fois celle du Soleil, et leur taille n'excède pas quelques centaines de kilomètres. Un trou noir de 10 masses solaires est ainsi à peine plus grand que Paris. « Dans la Voie lactée, une étoile sur 5 000 est susceptible d'enfanter un trou noir de ce type », estime Astrid Lamberts. À vos calculettes : il y a environ 200 milliards d'étoiles dans la Galaxie, soit potentiellement 40 millions de trous noirs. Selon les modèles, ce nombre peut même atteindre 100 millions.

Des hordes de bêtes cosmiques... pas si faciles à capturer. Jusqu'à récemment, les seuls spécimens de cette espèce que les astronomes parvenaient à surprendre étaient ceux qui, au sein d'un couple binaire, arrachent le gaz d'une étoile compagne le faisant brutalement tourner autour d'eux avant de l'engloutir. Dans la bataille, le duo émet un fort rayonnement en lumière X signalant la présence de la bête. Une vingtaine de ces trous noirs stellaires impliqués dans ce que l'on nomme des « binaires X » a été identifiée à ce jour dans la Voie lactée avec certitude.

Astres dormants

Problème : qu'ils vivent ou non en couple, l'immense majorité des trous noirs stellaires sont « dormants ». En d'autres termes, ils ne produisent aucune lumière. Pour leur safari, les astronomes ont donc dû affiner leur stratégie. Ils ont notamment confié leur quête à leur meilleur chasseur d'objets galactiques : le satellite européen Gaia, lancé en 2015. Ce prodige de l'astrométrie (c'est-à-dire de la mesure du mouvement des astres sur le ciel) est capable de révéler la présence d'un trou

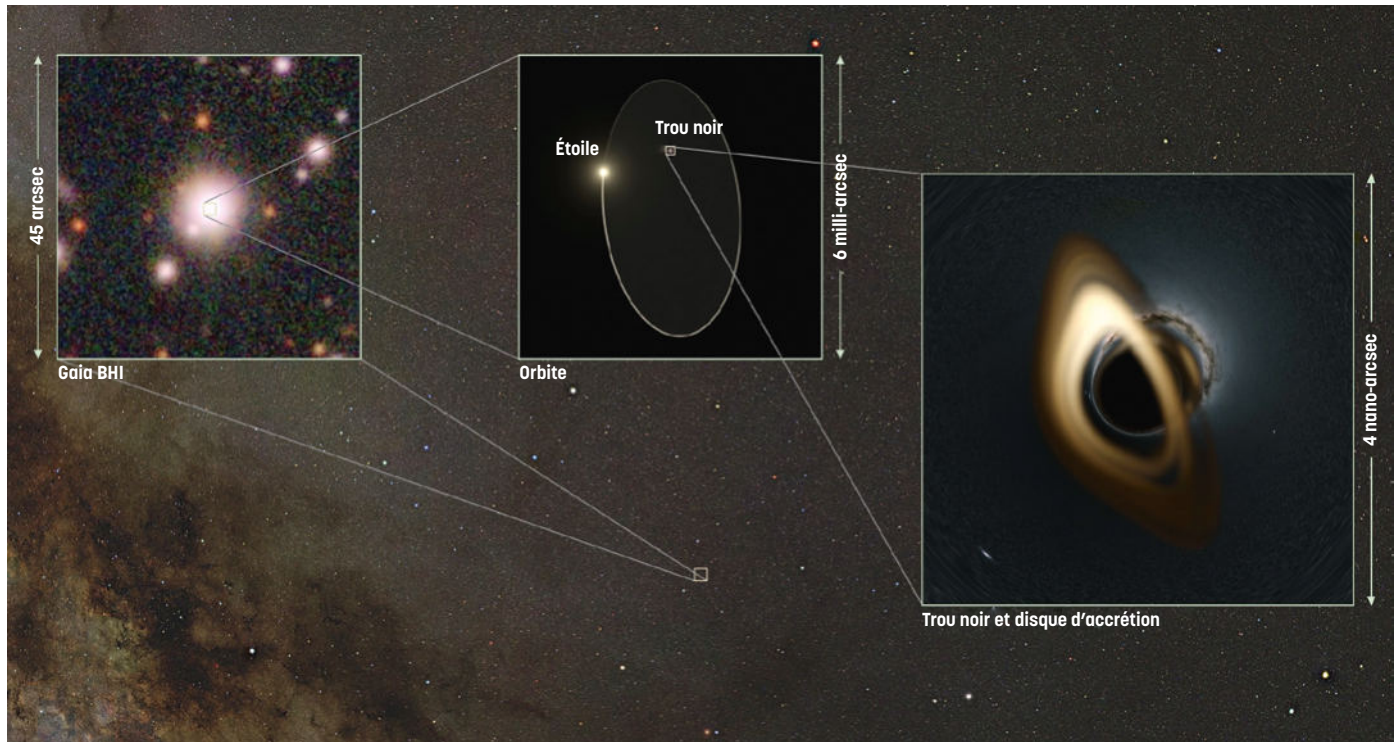
Seul moyen de débusquer un trou noir de masse intermédiaire : repérer ses effets sur les étoiles alentour. Les images recueillies sur vingt ans par le télescope Hubble ont permis de soupçonner la présence d'un tel astre au sein de l'amas Oméga Centauri (à gauche). © Nasa/STSCI

noir au sein d'un couple en observant les effets gravitationnels que celui-ci exerce sur sa compagne. « Si ces effets sont imputables à un corps de plusieurs masses solaires et que vous ne voyez rien, c'est que vous avez affaire à un trou noir ! » résume Astrid Lamberts.

Le tableau de chasse de Gaia compte déjà trois beaux spécimens : BH1 (pour Black Hole 1), BH2 et BH3. Annoncé en 2022, BH1 fait près de 10 masses solaires et navigue à 1 560 années-lumière dans la constellation d'Ophiuchus. C'est le trou noir le plus proche connu à ce jour⁽²⁾. Mais depuis 2024, BH3 lui fait de l'ombre sur le podium. S'il est un peu plus



Astrid Lamberts étudie les trous noirs stellaires à l'observatoire de la Côte d'Azur. Notre galaxie en compterait plusieurs dizaines de millions. © C. Marcadé



éloigné, à 1930 années-lumière dans la constellation de l'Aigle, il est beaucoup plus massif avec 33 masses solaires. Son annonce a surpris toute la communauté des débusqueurs de trous noirs. « Dans l'Univers actuel, l'effondrement d'une étoile s'accompagne de vents stellaires qui empêchent la formation d'un trou noir aussi massif, explique Astrid Lamberts. Mais cela n'a pas toujours été le cas. Plus pauvres en éléments lourds, les premières générations d'étoiles produisaient des vents beaucoup plus faibles. Si un système tel que BH3 peut exister, c'est uniquement parce qu'il est très ancien. Son trou noir se serait formé 1 milliard d'années seulement après le big bang. Quant à son étoile compagne, relativement légère et donc d'évolution lente, elle est encore là aujourd'hui. » Superbe spécimen dans la collection galactique, BH3 est à ce jour le trou noir stellaire à la fois le plus ancien et le plus massif navigant si près de nous.

Effet de microlentille

Se pourrait-il que d'autres créatures habitent plus près encore, par exemple entre le Système solaire et Proxima du Centaure ? « Aucune chance qu'un trou noir se cache dans notre voisinage immédiat. Un tel objet serait de nature à perturber l'orbite du Soleil et ne pourrait pas passer inaperçu, répond la chercheuse. Cependant, vu

le nombre de trous noirs qui doivent peupler la Galaxie, c'est statistiquement très probable que l'on mette tôt ou tard la main sur des objets beaucoup plus proches que ne le sont BH1 ou BH3. La recherche systématique de trous noirs n'en est encore qu'à ses débuts. »

Et les chasseurs de monstres cosmiques redoublent d'inventivité pour les débusquer. Ainsi, Kailash Sahu (Space Telescope Institute) et son équipe ont annoncé en 2022 avoir mis la main sur un trou noir de 7 masses solaires via l'effet de loupe qu'il a provoqué sur une étoile d'arrière-plan — un phénomène appelé « microlentille gravitationnelle ». Sa découverte demande encore à être confirmée, mais la méthode des microlentilles est prometteuse. Couplée à l'astrométrie exploitée avec succès par Gaia, c'est notamment elle que le télescope Nancy Grace Roman utilisera. La Nasa prévoit de lancer ce futur observatoire spatial en 2027 avec l'objectif de débusquer une multitude de trous noirs stellaires, en couple ou solitaires. Car dans les profondeurs de la jungle galactique, des dizaines de millions de créatures restent à découvrir. ☾

(1) Des vibrations de l'espace-temps prédites par Einstein en 1915 et détectées pour la première fois en 2015

(2) BH2, quant à lui, est d'environ 9 masses solaires et situé à 3800 a.-l. dans la constellation du Centaure.

Le premier trou noir stellaire découvert est BH1 (vue d'artiste à droite). Il a été repéré grâce au mouvement de l'étoile qui l'accompagne. Ce type de duo est le seul moyen de trouver ces astres invisibles sinon.
© T. Müller (MPIA), PanSTARRS DR1 (K. C. Chambers et al. 2016), ESA/Gaia/DPAC

RENDEZ-VOUS MANQUÉ AVEC LES EXTRATERRESTRES

Avec combien de civilisations extraterrestres partageons-nous l'immense Galaxie ? Peut-être beaucoup ! Mais si aucune de ces sociétés n'est éternelle, alors notre histoire galactique serait celle d'une succession de rendez-vous manqués...

Guillaume Langin

Plus de 100 milliards d'étoiles dans la Voie lactée. Et, on le sait depuis plus de dix ans, au moins autant de planètes qui leur tournent autour... Voilà une belle quantité de mondes extraterrestres avec lesquels nous partageons la Galaxie ! Il suffirait qu'une infime portion de ces exoplanètes soient habitées par des êtres doués de conscience pour qu'*Homo sapiens* ne soit qu'une espèce « avancée » parmi tant d'autres. Et si une poignée de ces civilisations avait des milliers d'années d'avance technologique sur nous, qui sait de quels périples interstellaires leurs vaisseaux spatiaux seraient capables ? En fait, au vu de la pluralité des mondes, « ils » devraient déjà être là. Mais aussi sensibles

soient nos radars et autres télescopes, nous n'en voyons aucune trace... Cet écart entre l'existence théorique de civilisations extraterrestres et notre solitude apparente porte le nom de « paradoxe de Fermi ». Il court depuis 1950, année où le physicien Enrico Fermi l'aurait exposé à ses collègues en chemin vers la cantine du laboratoire de Los Alamos.

En janvier 2026, le mathématicien hongrois Antal Veres s'est attaqué au problème de façon nouvelle, par l'usage des probabilités pures. Il s'est penché sur l'« hypothèse de la Terre rare » : l'apparition d'une vie intelligente n'est possible qu'à l'issue d'un enchaînement d'événements très improbable. Or, même dans ce cadre, les chances pour



qu'apparaisse dans le cosmos une seule et unique forme de vie intelligente (nous donc) sont extrêmement restreintes. Selon Veres, il est beaucoup plus probable que la vie intelligente émerge en de nombreux endroits, ou bien qu'elle n'apparaisse pas du tout. Mais ce second cas est exclu, puisque nous existons...

D'immenses distances à parcourir

Des dizaines d'explications pour résoudre le paradoxe de Fermi ont été proposées : E.T. ne souhaite pas voyager ; E.T. est déjà parmi nous, mais reste discret... *« Beaucoup de réponses sont d'ordre sociologique ou font des hypothèses invérifiables sur la psychologie des extraterrestres »,* estime Nicolas Prantzos, de l'Institut d'astrophysique de Paris. Ce chercheur a résumé le problème à trois paramètres essentiels : le nombre de civilisations N dans la Galaxie ; la vitesse moyenne v à laquelle elles la colonisent planète après planète ; et L, leur durée de vie moyenne avant extinction. *« Au vu des distances immenses à parcourir, ce sont les valeurs de v et L qui influent le plus sur la capacité des aliens à atteindre la Terre, note Nicolas Prantzos. Et L en particulier peut prendre une plus grande quantité de valeurs. Contrairement à v qui ne peut dépasser la vitesse de la lumière. »* Il en résulte que si personne n'est encore venu, c'est peut-être parce qu'aucune civilisation galactique n'est éternelle. À nouveau une hypothèse sociologique !

Faute de recevoir de la visite, nous aurions pu

au moins détecter une onde radio en provenance d'un autre monde. Mais là aussi, l'abîme de l'espace est un fossé difficile à franchir. Pour l'illustrer, une équipe de l'Institut Seti a calculé jusqu'à quelle distance E.T., doté d'un niveau technologique semblable au nôtre, pourrait déceler notre présence. Autrement dit : s'il disposait de notre observatoire radio le plus sensible (en l'occurrence, le SKA), jusqu'où les ondes électromagnétiques que nous émettons depuis un siècle lui seraient-elles audibles ? Résultat : les plus puissantes fuites vers l'espace de nos réseaux téléphoniques s'estompent dès 4 années-lumière (a.-l.) — c'est à peine la distance de l'exoplanète la plus proche. Les commandes envoyées par la Nasa à ses sondes spatiales atteignent, elles, 65 a.-l. Seul un message puissant comme celui d'Arecibo envoyé par l'humanité en 1974 peut couvrir de grandes distances. Selon l'Institut Seti, le message d'Arecibo est la technosignature terrienne qui reste détectable le plus loin : jusqu'à 12 000 a.-l. avec un observatoire similaire au SKA.

Mais si ce signal est reçu à une telle distance, ce sera dans... 12 000 ans. Et il faudra autant de temps pour recevoir une réponse. Y aura-t-il alors une bonne âme sur Terre pour décrocher le téléphone ? *« On ne peut exclure que plusieurs civilisations apparaissent et disparaissent dans la Galaxie sans jamais coexister »,* indique Nicolas Prantzos. Si nous ne sommes pas seuls dans l'espace, alors peut-être sommes-nous seuls dans le temps. ☹

Les plus puissantes fuites vers l'espace de nos réseaux téléphoniques s'estompent dès 4 années-lumière



Depuis que l'humanité tend ses antennes en quête d'un signal venu de l'espace, elle se confronte à un grand silence. *« Des civilisations peuvent apparaître et disparaître dans la Galaxie, sans jamais coexister »,* note Nicolas Prantzos (à gauche).

© NSF/AUI/ NSF NRAO/ B.Foott

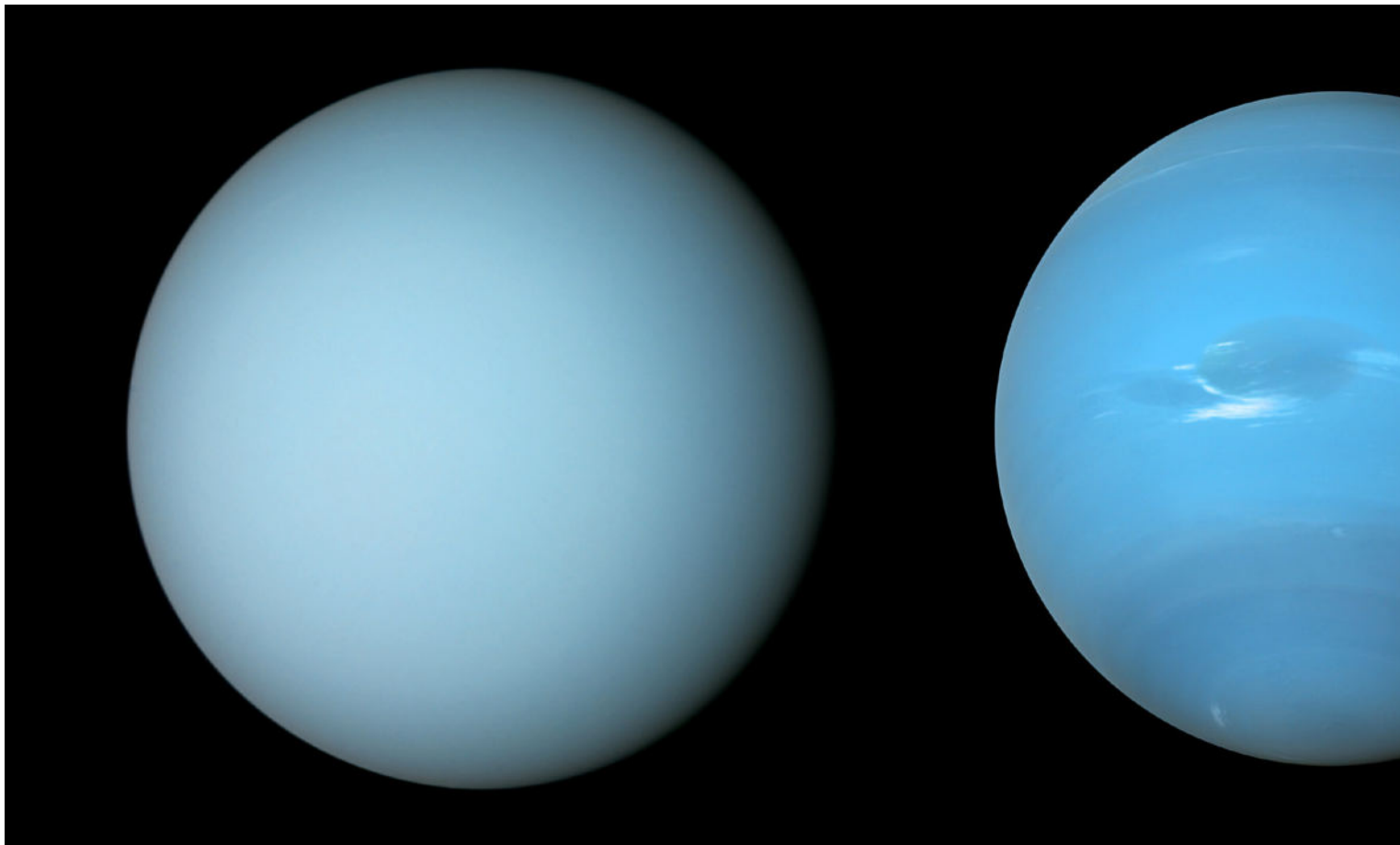
URANUS ET NEPTUNE, DEUX PLANÈTES AU CŒUR MYSTÉRIEUX

Les astronomes peinent à déterminer à quoi ressemble l'intérieur des deux planètes lointaines. Une toute nouvelle méthode de modélisation augmente encore les possibles...

Pierre Giraudeau

Le 24 janvier 1986, la sonde américaine Voyager 2 frôle Uranus à moins d'une centaine de milliers de kilomètres. Elle est la première visiteuse de la septième planète du Système solaire. Elle n'y fait qu'un passage éclair, le temps de lui découvrir dix nouveaux satellites et un champ magnétique singulièrement incliné. Trois ans de

voyage plus tard, la voilà aux abords de Neptune, tout aussi inexplorée. Voyager 2 y confirme la présence d'anneaux et révèle à la surface de la dernière planète une vaste tache sombre analogue à celle de Jupiter, avant de reprendre aussitôt sa course vers les confins du Système solaire. Uranus et Neptune n'ont plus reçu aucune visite depuis. Les passages



fugaces de Voyager 2 restent la source principale de données dont les astronomes disposent pour étudier ces « géantes de glace », nommées ainsi pour leur supposée richesse en eau, en ammoniac et en méthane. Elles demeurent pour cette raison très largement méconnues comparées à leurs cousines Jupiter et Saturne, dont les orbiteurs respectifs, Juno (depuis 2016) et Cassini (de 2004 à 2017), nous ont abreuvés de données sur leur composition, leur champ gravitationnel ou leur champ magnétique.

Les scientifiques doivent donc redoubler d'ingéniosité pour mieux comprendre Uranus et Neptune. Luca Morf et Ravit Helled (université de Zurich) présentent dans *Astronomy & Astrophysics* une nouvelle approche de modélisation qui révèle l'étendue des possibles. L'étude renforce une idée qui fait son chemin depuis quelques années dans la communauté astronomique : Uranus et Neptune ne méritent peut-être pas leur classification parmi les planètes géantes de glace. Les données disponibles

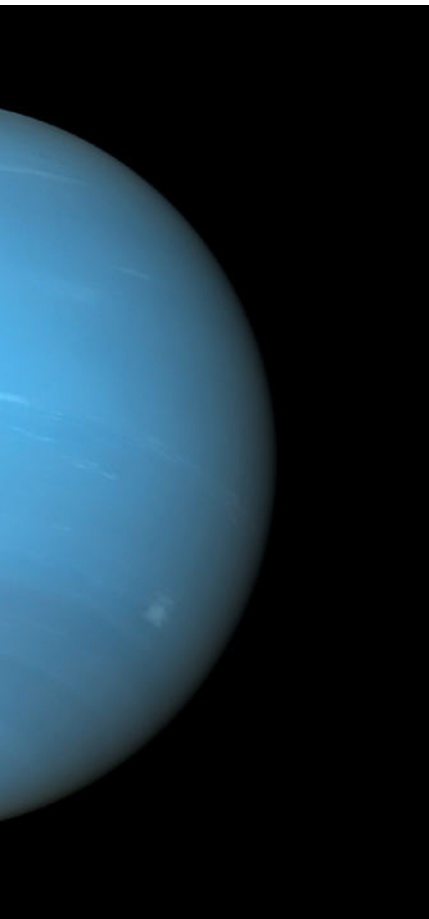
s'accordent tout aussi bien avec des compositions dominées par des matériaux rocheux.

Le terme de planètes géantes de glace s'est imposé dans les années 1980 pour désigner Uranus et Neptune. Elles se distinguent en effet des deux autres géantes du Système solaire, en particulier par leur masse. Elles ne font que le sixième de la masse de Saturne et le vingtième de celle de Jupiter. *« Elles n'ont pas atteint une masse suffisante pour accréter beaucoup d'hélium et d'hydrogène et devenir des géantes gazeuses, explique Tristan Guillot, spécialiste des planètes géantes à l'observatoire de la Côte d'Azur. Elles sont donc en majorité composées d'éléments plus lourds, agrégés sous forme solide. »*

Au royaume des glaces

En outre, Uranus et Neptune se situent dans des régions reculées du Système solaire, respectivement deux et trois fois plus loin que l'orbite de Saturne. Si loin du Soleil, des molécules simples comme l'eau,

Leur petite masse ne leur a pas permis d'attirer une épaisse enveloppe de gaz



Voyager 2 est la seule sonde à avoir visité Uranus (à gauche) et Neptune. Quelle est la nature de ces deux planètes géantes ? Les mesures manquent pour le dire. Ravit Helled (ci-dessus) et Luca Morf proposent une nouvelle approche pour y parvenir. © Nasa et Univ. de Zurich



La vision infrarouge du télescope spatial James Webb lui permet de dévoiler les fins anneaux d'Uranus. Mais ses observations ne suffisent pas pour connaître la structure de la planète.

© Nasa/ESA/CSA/STScI

l'ammoniac ou le méthane devaient se trouver à l'état de glace solide dans le disque de gaz et de poussière dans lequel les planètes sont apparues. « Si l'on regarde la composition du Soleil et donc du disque protoplanétaire, les proportions des éléments présents sont très en faveur de l'accrétion de glace plutôt que de roche », note Tristan Guillot. Voilà la raison de leur désignation : les hypothèses sur leur formation supposent qu'elles devraient contenir peu d'hélium et d'hydrogène, et plus de glace que de roche. Mais cette composition n'a jamais été corroborée par des mesures ; celles-ci ont été restreintes aux couches atmosphériques externes composées d'hélium, d'hydrogène et de glace de méthane qui leur donne cette couleur bleue caractéristique. « On n'est sûr de rien, admet Tristan Guillot. D'ailleurs, la même logique pourrait s'appliquer à Pluton, dont on sait pourtant qu'elle est rocheuse. »

Ce qu'il se passe vraiment à l'intérieur de Neptune et d'Uranus est dans les faits bien difficile à cerner avec les maigres mesures de Voyager 2. « On a une connaissance partielle de la forme de leur champ gravita-

tionnel, ce qui nous renseigne sur la répartition des masses à l'intérieur. On connaît leur rayon, la composition de leur atmosphère externe, leur masse et leur température externe, liste Jérémie Leconte, du laboratoire d'astrophysique de Bordeaux. On essaye de faire parler très peu de données, et des tonnes de scénarios pourraient coller. »

Construire des modèles

La démarche classique repose sur des calculs physiques. « On part d'une température interne et d'une composition hypothétique, mais compatible avec la mesure de la densité moyenne, explique le chercheur. Puis on reconstruit à partir de calculs physiques le profil de densité, c'est-à-dire la manière dont ces matériaux s'agencent à l'intérieur de la planète. On vérifie alors si le résultat correspond aux mesures. » La méthode permet d'obtenir des modèles d'intérieur à la fois réalistes du point de vue physique et compatibles avec les observations. Elle est néanmoins fastidieuse, car il est assez difficile de tomber par hasard sur une proportion de matériaux qui fonctionne. En

outre, elle est très dépendante d'hypothèses initiales et couvre mal l'étendue des possibles.

« Il y a quelques années, certaines équipes ont commencé à prendre le problème dans l'autre sens, raconte Mandy Bethkenhagen, chercheuse à l'École Polytechnique. Ils ont choisi de laisser de côté les longs calculs physiques en essayant de produire directement un grand nombre de profils de densité. » Cette approche de « modèles empiriques » engendre de façon aléatoire des répartitions de matériaux très diverses et ne conserve que celles qui, par hasard, sont compatibles avec les paramètres connus d'Uranus et de Neptune. Ainsi, les scientifiques peuvent trouver des solutions « agnostiques », c'est-à-dire qui ne dépendent pas d'hypothèses arbitraires, en contrepartie d'une certaine perte du sens physique des résultats.

Une grande variété de possibles

Deux approches que Ravit Helled et Luca Morf ont réconciliées. « Nous sommes partis de modèles empiriques, explique ce dernier, mais nous avons dans un second temps ajusté les profils de densité pour les rendre compatibles avec la physique des matériaux. » La méthode produit donc une très grande variété de compositions physiquement réalistes pour l'intérieur d'Uranus et de Neptune, tout en étant compatible avec ce que l'on connaît d'elles. Résultat : Uranus pourrait tout aussi bien contenir 61 % de roche pour 16 % de glace que 3 % de roche pour 83 % de glace, le reste étant l'hélium et l'hydrogène. L'équipe trouve des écarts moins percutants pour Neptune, mais celle-ci pourrait aussi bien être une géante glacée qu'une géante rocheuse.

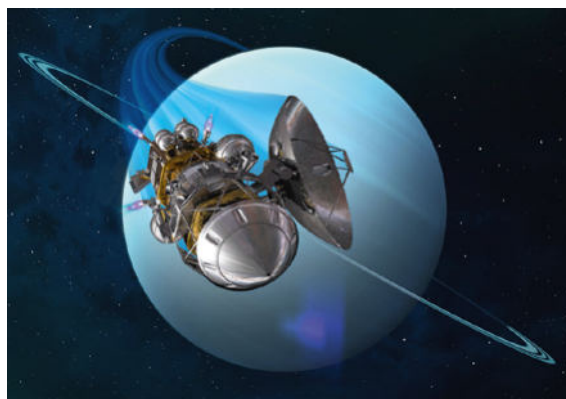
« On ne dit pas que les planètes Neptune et Uranus sont rocheuses, prévient Luca Morf. On montre simplement ce qui est possible. Dans les faits, on n'a aucun moyen de trancher avec si peu de données. » Pour Mandy Benthkenhagen, cette étude est une avancée majeure dans le domaine de la modélisation de l'intérieur des planètes. « Ces dernières années, beaucoup d'entre nous ont concentré leurs efforts sur la compréhension de l'ammoniac, l'eau et le méthane et de leur mélange, détaille-t-elle, mais on commence à en questionner le réalisme et l'on pense de plus en plus à considérer des roches dans les mélanges. Ces travaux résument très joliment le besoin de changer d'approche. »

De l'avis général, la communauté scientifique a grandement besoin d'une nouvelle mission spatiale vers les deux planètes pour avancer. « Uranus

et Neptune sont très liées à ce qu'il se passe dans le Système solaire externe, argumente Tristan Guillot. Mieux les connaître nous aidera beaucoup à retracer l'histoire du Système solaire. » Plus largement, elles sont une clé pour la compréhension des exoplanètes découvertes autour d'autres étoiles, dont « les plus abondantes ont une masse située entre celle de la Terre et celle d'Uranus et Neptune », selon Jérémy Leconte. « Ce serait génial d'avoir cette Pierre de Rosette », résume-t-il joliment. Un constat partagé par Luca Morf : « Il est vain de tenter de comprendre l'intérieur des exoplanètes alors que l'on ne sait toujours pas dire si Neptune et Uranus sont glacées ou rocheuses ». L'attente durera encore avant d'avoir le fin mot de l'histoire : si la Nasa projette bien une mission vers Uranus au cours de la décennie 2030 [lire l'encadré], aucune date de lancement n'est annoncée pour le moment. ☺

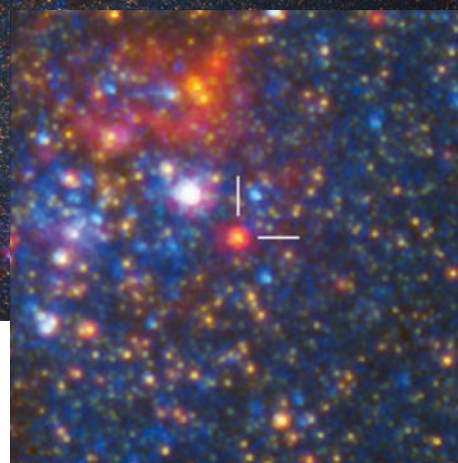
CAP VERS URANUS

En 2022, Uranus est devenu la priorité numéro 1 pour les grandes missions de la Nasa. Avec la mission Uranus Orbiter and Probe, l'agence américaine prévoit de précipiter une sonde dans l'atmosphère de la planète géante et d'en placer une seconde en orbite autour d'elle. « On visait initialement un lancement en 2031, mais ça paraît difficile au vu de la situation politique américaine », note Léa Griton, astrophysicienne à l'observatoire de Paris-PSL. L'idée est de rejoindre Uranus avant son équinoxe en 2049 : une configuration qui se présente deux fois par année uranienne, soit tous les 42 ans. Les planétologues espèrent ainsi l'observer sous un jour différent de Voyager 2, qui l'avait survolé à son solstice en 1986. Une fenêtre plutôt serrée si l'on compte les 12 à 15 ans de voyage, souligne la chercheuse.



Uranus Orbiter and Probe doit être la prochaine mission envoyée vers la planète géante. Mais son décollage n'est pas encore annoncé.

Vue d'artiste : © Nasa



L'étoile repérée en 2024 dans la galaxie spirale NGC 1637 est une supergéante rouge ; l'image ci-contre combine les observations du télescope Hubble et du télescope spatial James Webb (JWST). Cet astre similaire à Bételgeuse a été débusqué juste avant son explosion !

CES SUPERGÉANTES QUI SE CACHENT POUR MOURIR

Le télescope spatial James Webb a trouvé une étoile rouge dans une galaxie proche, là où son homologue Hubble ne voyait rien. Et en juin 2025, l'astre a explosé ! L'observation de cette supernova promet de découvrir bientôt toute une famille d'étoiles supergéantes invisibles jusqu'ici...

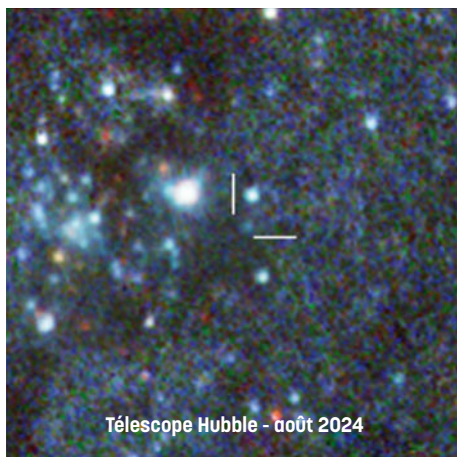
Guillaume Langin

Ce n'est qu'un petit point rouge perdu dans l'un des bras de la galaxie spirale NGC 1637. Mais à lui seul, il promet de résoudre une énigme qui taraude les astronomes depuis plusieurs décennies... Pour le comprendre, sachez d'abord que ce point lointain n'a rien d'un minus. Il s'agit d'une étoile supergéante rouge, de la même famille que Bételgeuse et Antarès dans notre galaxie. L'astre est mille fois plus grand que le Soleil. Et il brille 50 000 fois plus. Ou plutôt, il brillait. Car, depuis un jour fatidique du mois de juin 2025, ce petit point rouge n'est plus. Comme les font les étoiles très massives à la fin de leur vie, il a disparu dans une explosion au flash intense de lumière : une supernova ⁽¹⁾ immatriculée SN2025pht.

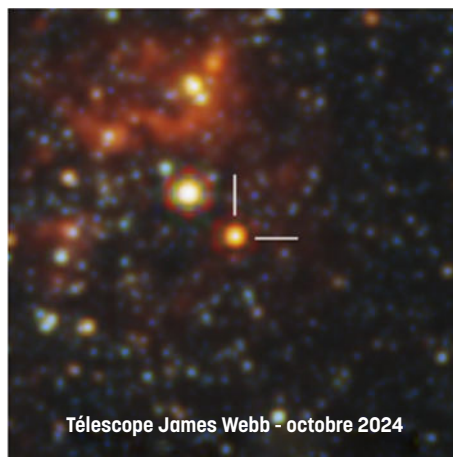
Cela fait de l'étoile supergéante qui vivait là une « progénitrice » de supernova. La première observée par le télescope spatial James Webb (JWST), à deux reprises avant l'explosion, en février et en octobre 2024. Mais certainement pas la dernière.

« Nous comptons réutiliser le JWST pour chercher un millier de supergéantes rouges, situées dans quatre galaxies proches. Nous pensons réussir à en percevoir 10 %, donc une centaine », prédit Charles Kilpatrick (université Northwestern, Illinois). Si l'auteur de cette première avec le JWST souhaite répéter l'affaire au centuple, c'est parce que le télescope spatial de la Nasa possède une capacité que les autres n'ont pas. Il capte la lumière infrarouge qui émane des astres. Il peut donc percer la poussière interstellaire

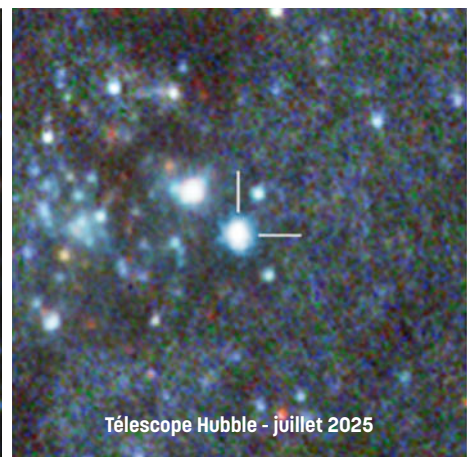
En 2024, Hubble (lumière visible) ne perçoit pas l'étoile supergéante. Le JWST (infrarouge), si. L'astre ne devient perceptible à Hubble qu'après son explosion en supernova en juin 2025. © Nasa/ESA/CSA/STScI/C. Kilpatrick/A. Suresh



Télescope Hubble - août 2024



Télescope James Webb - octobre 2024



Télescope Hubble - juillet 2025

Le manque d'étoiles supergéantes rouges pose problème... Le JWST promet de découvrir ces mastodontes avant qu'ils n'explodent

qui, en s'accumulant entre les étoiles, nous bloque la vue tel un écran de fumée. Si l'on compare une onde lumineuse à une succession de vaguelettes qui se propagent dans l'Univers, ces vagues sont espacées entre elles d'à peine quelques microns (ou millièmes de mètre). Cet espacement est appelé longueur d'onde. Il vaut 0,5 micron pour une lumière de couleur bleue ; 0,7 micron pour celle de couleur rouge. Et encore davantage pour la lumière infrarouge, invisible pour nos yeux. Grâce au JWST, l'étude de la supergéante rouge ayant donné SN2025pht est « *la première détection [d'une supergéante rouge progénitrice de supernova, NDLR] à des longueurs d'onde plus grandes que 5 microns* », indique Charles Kilpatrick.

Usines à cocons

Le télescope spatial Hubble a observé la galaxie NGC 1637 à plus de dix reprises en vingt ans, et il a peine à distinguer la même étoile. Cela suggère que l'astre était emmitoufflé dans un épais cocon de poussière. Les autres supergéantes rouges doivent l'être aussi, peut-on supposer. Le JWST promet donc d'en détecter davantage, et peut-être de résoudre enfin ce que les astronomes nomment

le « problème des supergéantes rouges ». Car certaines manquent à l'appel... On est parvenu à photographier et à identifier seulement une trentaine de progénitrices de supernovas. Parmi elles, une seule étoile supergéante bleue : celle qui a donné la fameuse supernova de 1987, visible à l'œil nu dans l'hémisphère Sud. Une petite poignée de supergéantes jaunes, qui ont pour caractéristique d'être pauvres en hydrogène au moment de leur mort. Et une majorité de supergéantes rouges, dont la masse à leur naissance valait entre 8 et 21 fois celle du Soleil. Mais au-delà de 21 masses solaires, aucune ! Alors qu'en théorie, les supergéantes rouges censées finir en supernovas peuvent atteindre jusqu'à 30 masses solaires. Pourquoi cette absence ? Peut-être parce que plus ces étoiles sont massives, plus le cocon de poussière derrière lequel elles se dissimulent avant de mourir est épais.

En effet, on sait aujourd'hui qu'au fil de leur existence, les étoiles se délestent d'une grande quantité de matière. Celle-ci est soit soufflée vers l'espace sous la forme de vents stellaires permanents. Soit expulsée par de soudaines éruptions de matière (comme celle qu'a connue Bételgeuse en 2019) de la même manière qu'une casserole qui bout à très grosses bulles éclabousse de temps à autre les murs de votre cuisine... Dans notre galaxie, on estime que la supergéante rouge VY Canis Majoris aurait déjà perdu 32 % de sa masse initiale. Pourtant, cette étoile est toujours en vie ! Quant à l'étoile de la galaxie NGC 1637, « *nous pensons que la supergéante rouge de notre étude avait environ 15 masses solaires à la naissance. C'est moins que 21. Donc insuffisant pour résoudre le problème des supergéantes rouges. Mais sa détection par le JWST nous donne bon espoir d'en trouver de plus massives* », souligne Charles Kilpatrick.

Grains de sable ou grains de suie

« *Les observations détaillées en infrarouge ont aussi permis de mieux connaître la poussière qui entoure l'étoile* », précise Pierre Kervella, astronome à l'observatoire de Paris. Sa nature est dévoilée en analysant la lumière qui l'a traversée avant d'être captée par le télescope spatial. « *Ce qui est particulièrement intéressant dans cette étude, c'est qu'en général la chimie et la poussière*

Charles Kilpatrick
(université
Northwestern)
compte dénicher
100 supergéantes
rouges inconnues,
avant leur explosion
en supernova. DR





dans l'environnement des supergéantes rouges sont dominées par l'oxygène et les silicates [des sels composés d'oxygène et d'atomes de métaux, NDLR]. Or, chez la supergéante rouge de SN2025pht, elles l'étaient par le carbone », note Miguel Montargès, autre spécialiste des étoiles en fin de vie à l'observatoire de Paris. Dans le cas des silicates, les poussières d'étoiles s'apparenteraient à de minuscules grains de sable. Dans le cas du carbone, elles ressembleraient plutôt à des grains de suie, plus sombres et qui absorbent donc la lumière de manière très efficace. Voilà de quoi créer une poussière d'autant plus opaque derrière laquelle se cacher !

« Aujourd'hui, la communauté scientifique a compris à quel point une grande fraction des astres

progéniteurs de supernovas étaient entourés d'un matériau très dense, juge Charles Kilpatrick. Déterminer comment toute cette matière est perdue par l'étoile (par du vent stellaire, des éruptions ou autre chose) est la prochaine étape. Le JWST va aider en ce sens. » Ce faisant, le télescope spatial va ajouter de nombreuses lignes au catalogue d'étoiles en fin de vie, jusque-là cachées derrière le cocon de poussière qu'elles ont pudiquement fabriqué avant de disparaître. Insuffisant pour échapper à l'attention des astronomes. On ne parle pas ici de poussière qu'on met sous le tapis ! ☹️

(1) Les supernovas dont il est question dans cet article sont des supernovas de type II, dites à effondrement de cœur. Les supernovas de type Ia, créées par des étoiles doubles, ne sont pas le sujet ici.

Au cours de leur vie brève, les étoiles supergéantes perdent une grande part de leur masse sous la forme d'un cocon de matière au sein duquel elles se dissimulent.

Vue d'artiste : © M. Weiss/CfA

L'ULTIME ÂGE D'OR DES CHASSEURS D'ASTÉROÏDES

Depuis 1807 et la découverte de Vesta par Hencke, les astronomes amateurs se consacrent à la recherche d'astéroïdes. Un domaine pour lequel l'observatoire Vera Rubin s'annonce comme un concurrent redoutable.

Jean-Luc Dauvergne



« *J'ai eu une détection. Je vais pointer un télescope sur l'astéroïde pour le confirmer, s'enthousiasme Alain Maury. Ça va être difficile, il est à 10° de l'horizon.* » Au fin fond de l'Atacama, au Chili, cet ancien astronome de l'observatoire de La Silla mène désormais ses recherches à son compte, tel un orpailleur céleste. Son but : traquer les petits corps du Système solaire, en particulier les plus belles pépites que sont les comètes et les astéroïdes géocroiseurs. Cette dernière famille, peu appréciée des dinosaures, est constituée d'objets dont l'orbite approche ou croise celle de la Terre. Ils présentent, à plus ou moins long terme, un risque de collision avec notre planète. Ce soir-là de l'automne austral, Alain Maury souhaite confirmer une cible détectée par l'un de ses télescopes en visant une zone du ciel proche de l'horizon, là où les télescopes professionnels ne regardent pas. L'objet

sera épinglé in extremis avant qu'il se couche. Alain Maury a construit son propre observatoire en plein désert, sur le rivage oriental du salar d'Atacama, non loin du village de San Pedro, point de passage obligé du tourisme andin. Et c'est payant : depuis 2021, il a découvert cinq comètes avec l'aide de Georges Attard, membre du Groupement astronomique populaire de la région d'Antibes et fêru d'électronique. « *Côté géocroiseurs, on approche les 260 détections* », ajoute l'astronome. Ces résultats sont impressionnants, mais de telles découvertes avec des moyens amateurs seront peut-être plus difficiles demain. En effet, l'observatoire américain Vera Rubin et son télescope de 8,4 m sont capables de scanner tout le ciel visible depuis le Chili deux fois par semaine jusqu'à la magnitude 23, voire 24. Avec sa caméra de 3 milliards de pixels et son champ de 9,6 degrés

En plein cœur du désert d'Atacama, Alain Maury finance ses recherches privées d'astéroïdes et de comètes en montrant le ciel aux touristes de passage. Ce soir-là, le nuage de gaz lié au lancement d'une fusée de Space X passait devant la Voie lactée.

@ J.-L. Dauvergne/C&E

L'arrivée de caméras plus sensibles a tout changé pour les amateurs



Au fil du temps, Alain Maury (ci-dessus), a ajouté des coupoles sur son terrain pour ses propres télescopes, mais aussi pour héberger ceux de particuliers, qui pilotent leur matériel à distance.

Photos : J.-L. Dauvergne/C&E

carrés, c'est un véritable rouleau compresseur. Lors de sa mise en service en 2025, le Vera Rubin a débusqué ainsi 2 000 nouveaux astéroïdes en seulement 10 heures ! C'est vertigineux quand on considère que le nombre total d'astéroïdes découverts par des amateurs est de l'ordre de 20 000.

Que restera-t-il alors aux amateurs ? La question se pose aussi pour Michel Ory. Cet enseignant suisse exploite de longue date le télescope de 600 mm de diamètre de la Société jurassienne d'astronomie. Depuis une dizaine d'années, il a élargi ses possibilités avec Moss, un télescope de 500 mm piloté à distance, installé à l'observatoire marocain de l'Oukaïmeden. Un lieu analogue au Pic du Midi pour la qualité de son ciel, mais bénéficiant d'un plus grand nombre de nuits claires. Ce site de haute montagne est aussi connu pour sa station de ski, l'une des rares en Afrique, perchée à 2 620 m d'altitude. Le projet Moss a contribué à faire de Michel Ory l'un des plus grands chasseurs amateurs d'astéroïdes. *« J'en ai trouvé 355, dont 215 depuis le Jura et 124 au Maroc. Dans les mois à venir, d'autres découvertes arriveront avec Moss. Le total va encore grimper »*, annonce le passionné.



De son côté, Alain Maury exploite quatre télescopes de 280 à 356 mm. « En 2015, j'avais commencé avec un télescope de 40 cm, sans jamais repérer un seul astéroïde. La caméra, mal adaptée, nous limitait à la magnitude 18 ou 19. Le programme professionnel Pan-Starrs [créé pour traquer les géocroiseurs, NDLR] trouvait tout avant nous. » La technique a ensuite évolué avec l'arrivée de caméras CMOS plus sensibles que les anciennes CCD, des télescopes à grand champ, comme les Celestron Rasa, et surtout la possibilité de faire des traitements d'images gourmands en puissance de calcul pour débusquer les cibles.

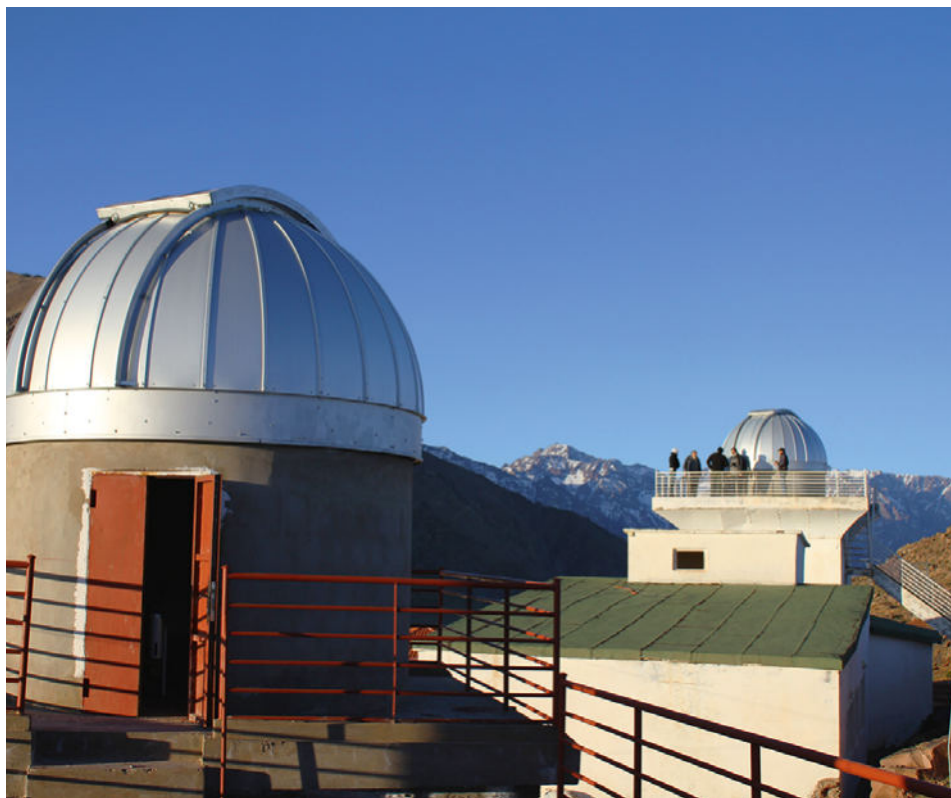
La grosse difficulté tient au mouvement propre des astéroïdes, ils changent de pixel au bout de 2 à 3 minutes. Pour les détecter, il faut empiler plusieurs images recentrées sur l'objet, sauf que l'on ne sait pas a priori sa direction et sa vitesse de déplacement. La puissance de calcul des cartes graphiques modernes permet de résoudre ce problème et Alain Maury a été l'un des premiers à exploiter ce filon. « À l'époque, Daniel Parrott m'a contacté : il travaillait à l'aéroport d'Oklahoma City sur la détection de traces radar, ce qui est très similaire à la recherche

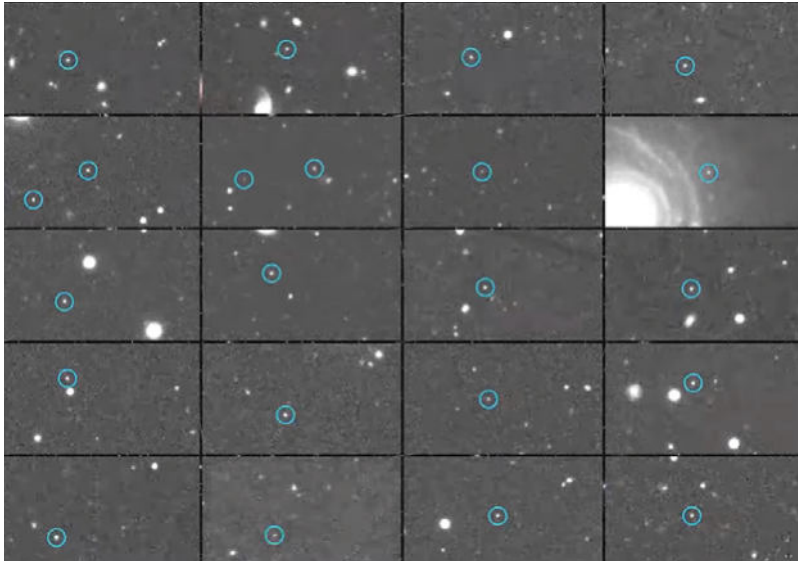
d'astéroïdes. L'idée est d'aligner les images brutes sur le mouvement de l'astéroïde, et non pas sur les étoiles. Il nous est arrivé de détecter 5 000 astéroïdes dans la nuit en procédant ainsi, dont certains inconnus. » Daniel Parrott a inventé cette stratégie en 2013, mais il a fallu attendre quelques années pour en tirer parti. « Sept ans plus tard, en 2020, les processeurs graphiques (GPU) sont dix fois plus rapides pour la moitié du coût », souligne-t-il dans une publication à l'Association américaine des observateurs d'étoiles variables.

Le matériel ne fait pas tout

Cette évolution est étonnante : elle rend possibles des détectations avec un simple télescope de 280 mm dans le cas d'Alain Maury. Elle montre que le matériel ne fait pas tout : la stratégie, les progrès techniques des ordinateurs et des caméras permettent aux amateurs de poursuivre leurs recherches, alors même que les moyens professionnels pour les relevés célestes, ou *surveys*, n'ont cessé de croître (Pan-Starrs, Catalina, Spacewatch, Atlas, ZTF...). Michel Ory a aussi adopté la technique inventée par Daniel Parrott. « On utilise le logiciel Tycho Tracker avec cette

Michel Ory a installé un télescope de 500 mm de diamètre à l'Oukaimden, au Maroc. Un projet partagé au départ avec Claudine Rinner, autre grande découvreuse de comètes.





méthode de synthetic tracking depuis 2023. Les calculs sont faits avec un ordinateur de gamer équipé d'une carte graphique NVIDIA », précise-t-il. La méthode est très efficace, mais les amateurs profitent en plus du fait qu'après avoir prospecté un arpent de ciel, les surveys laissent échapper quelques pépites. « Quand on passe sur des zones du ciel juste après Pan-Starrs, on trouve encore des objets, même si la probabilité est faible. On s'est rendu compte que les découvertes ont souvent lieu en bord de champ : les 16 % du bord du capteur correspondent à la moitié de la surface », souligne Alain Maury. Or, pour qu'un objet mobile soit découvert, il faut que son mouvement soit détecté, et donc qu'il soit repéré sur plusieurs images espacées de quelques minutes, voire de quelques dizaines de minutes. « Avec une caméra matricielle comme celle de l'observatoire Vera Rubin, il y a toutes les chances que l'objet tombe dans le trou », note Alain Maury. Pour atteindre 3 milliards de pixels, le Vera Rubin utilise en effet 189 capteurs de 16 millions de pixels et il y a un petit interstice entre chaque capteur.

Dans ce type de recherche, le facteur chance joue aussi. « On héberge ici le matériel d'un groupe de Polonais, raconte Alain Maury. Ils ont trouvé une comète dès la première semaine avec une simple lunette FSQ-106. Ils visaient à -50° , là où personne n'était encore allé durant cette lunaison. » Ce genre de découverte reste l'exception. Alain Maury et Michel Ory parviennent encore à faire des découvertes, mais en utilisant des équipements semi-professionnels. Avec

Lors de sa mise en service, l'observatoire Vera Rubin a débusqué 2000 astéroïdes en seulement 10 heures.
© Rubin Obs./NSF

Même le Vera Rubin peut laisser échapper quelques pépites

un équipement amateur standard, c'est déjà très difficile, avant même la mise en service du Vera Rubin. En atteste l'expérience de Jean-François Gout : « Je me suis lancé dans la recherche d'astéroïdes il y a un an environ. Je n'ai qu'une seule découverte officielle pour le moment : un astéroïde troyen [un corps primitif piégé par la gravité de Jupiter, NDLR]. » Installé au Mississippi sous un ciel de qualité, il utilise un télescope Celestron de 280 mm. « Il y a eu un âge d'or de la découverte des astéroïdes par les amateurs sur la période 2000-2010, estime-t-il. Les caméras CCD étaient disponibles et il n'y avait pas autant de grands surveys professionnels. Dans la Ceinture d'astéroïdes, il ne doit rester que les objets avec une excentricité assez forte à débusquer. Ceci dit, les surveys se focalisent surtout sur les géocroiseurs. Ainsi, ils avaient loupé "mon" troyen, probablement qu'il était trop lent pour leurs algorithmes. »

Une zone du ciel délaissée

Autre atout des amateurs : les grands télescopes ne peuvent pas pointer dans toutes les directions, en particulier près de l'horizon. « Nous n'avons pas ce genre de limite », précise Alain Maury. Le Vera Rubin n'est pas conçu pour viser en dessous de 20° . Or, la bande de ciel comprise de 5° à 20° au-dessus de l'horizon représente 25 % de la surface de la voûte céleste. C'est loin d'être négligeable. Le potentiel de l'observatoire Vera Rubin laisse néanmoins songeur. Des études ont montré qu'il serait capable de débusquer 5 millions d'astéroïdes en dix ans, soit 3,6 fois plus que le nombre d'objets connus aujourd'hui. Parmi eux, environ 127 000 géocroiseurs. Ces capacités sans commune mesure avec celles des autres surveys ont de quoi décourager les chasseurs amateurs.

Cependant, ces estimations sont théoriques, et il y a une différence de taille entre un grand programme institutionnel comme le Vera Rubin, et un programme amateur : la spécialisation. Pour justifier son budget de plus de 600 M\$, l'observatoire Vera Rubin a dû faire des promesses pour une grande variété d'objectifs scientifiques : observation du Système solaire, de la Voie lactée, des galaxies, ou encore de la cosmologie. « C'est le problème général de ce genre de programme : ils annoncent qu'ils veulent tout faire. Ils ont effectué une démonstration à la mise en route du télescope pour démontrer ce qu'ils pouvaient réaliser. Mais il faudra regarder s'ils feront l'effort nécessaire pour poursuivre ces détectations, car ce n'est pas leur préoccupation première. Il faut se souvenir qu'à l'origine, le projet

était nommé *Dark Matter Telescope* [Télescope pour la matière noire] », souligne Alain Maury. C'est en effet un observatoire avant tout dédié à la cosmologie, concurrent du satellite européen Euclid. « On verra donc ce que ça donne en pratique, surtout avec les coupes budgétaires de l'administration Trump », ajoute-t-il. Michel Ory renchérit : « Je pense que des amateurs récolteront toujours les "miettes". Car les professionnels (et apparemment c'est le cas du Vera Rubin) n'envoient pas directement leurs mesures au Minor Planet Center (MPC). Or, la date d'envoi compte maintenant dans le processus de reconnaissance du découvreur. »

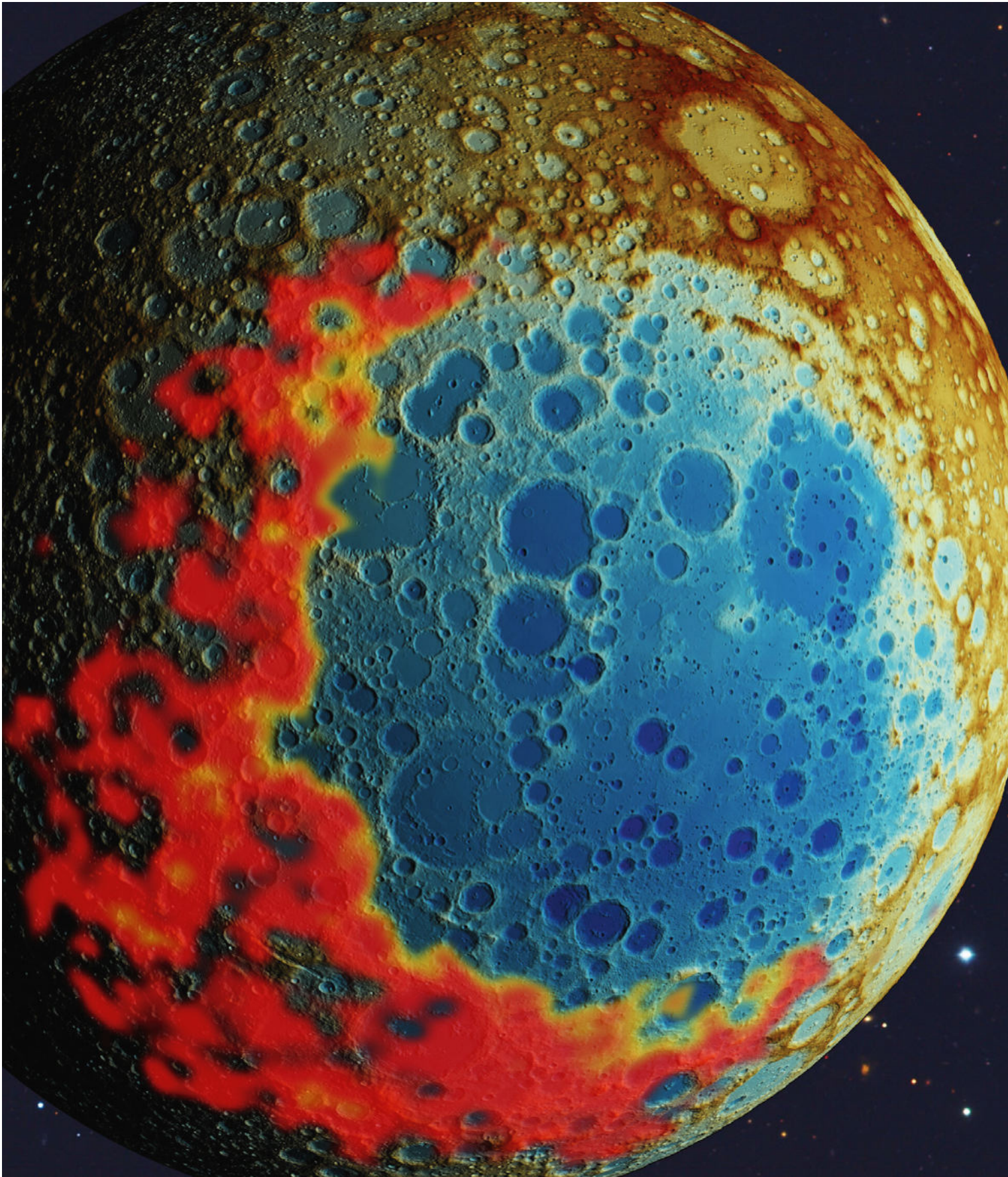
C'est donc potentiellement une chance pour les amateurs. En revanche, les règles d'attribution de la découverte par le Minor Planet Center évoluent, et ça, ce n'est pas toujours à leur avantage. « Le MPC estime désormais que le découvreur d'un astéroïde est celui qui fournit la première observation, avant même que la nature de l'astéroïde soit précisée », souligne Alain Maury. Ainsi, le Vera Rubin pourrait épingler des géocroiseurs sans les identifier comme tels lorsqu'ils sont encore éloignés. « Le problème est qu'il ne fera que deux visites [d'un champ donné] par nuit, note Jean-François Gout. On ne peut pas vraiment calculer une orbite

avec seulement deux points. Donc, ça fait grincer des dents les amateurs, puisque l'équipe du Vera Rubin va publier ces alertes, et ce sont les autres observateurs qui vont devoir faire tout le boulot pour caractériser l'orbite. »

En somme, si l'observatoire américain envoie ses données rapidement au MPC, il doublera à la corde les amateurs dans l'immense majorité des cas sans avoir apporté une mesure précise de l'orbite de l'astéroïde. Si au contraire, il n'envoie pas ses mesures régulièrement, ce sera à l'avantage des astronomes amateurs. « Je mise aussi sur le fait qu'ils vont probablement louper certains objets très rapides venant du nord, estime Jean-François Gout. Mais il est difficile de savoir ce qui restera aux amateurs avant qu'il n'entre en service. » Même sentiment pour Alain Maury : « On verra ce que ça donnera en pratique. Si l'on bosse pendant six mois et que l'on ne trouve rien, on laissera tomber et on se consacrera à la photo », ironise-t-il. La question sera tranchée début 2026, quand le nouveau géant de l'Atacama aura terminé sa phase de rodage. On verra alors s'il met fin à la prospection des amateurs, et au plaisir qu'ils ont à donner un nom aux pépites qu'ils dénichent au milieu des étoiles. La poésie y perdra ce que la science y gagnera. ☺

L'observatoire Vera Rubin dispose d'un télescope de 8,4 m de diamètre. Il entame son programme scientifique.
@ Rubin Obs./NSF/
DOE/NOIRLab/SLAC/
AURA/W. O'Mullane





L'HISTOIRE DE LA LUNE SE DÉVOILE GRÂCE AU BASSIN PÔLE SUD-AITKEN

Une étude révèle comment s'est créé le plus grand cratère lunaire. La découverte offre un indice pour expliquer pourquoi les deux faces de notre satellite naturel sont si différentes d'aspect.

Mathis De Géo

Il y a 4,3 milliards d'années, un astéroïde a percuté la Lune avec une telle violence qu'il y a creusé un cratère de 2 400 km de diamètre : le bassin Pôle Sud-Aitken. Cette vieille cicatrice fascine les planétologues depuis des décennies : il s'agit du plus grand cratère lunaire, ainsi qu'un des plus vastes du Système solaire. Il fournit peut-être aussi la clé d'une énigme vieille de cinquante ans : pourquoi les deux faces de la Lune sont-elles si différentes ? Une étude publiée en octobre 2025 par Jeff Andrews-Hanna (université d'Arizona) et ses collègues pourrait faire bouger les lignes. Elle révèle que l'astéroïde responsable de la formation du bassin a percuté la Lune avec une trajectoire nord-sud, et non sud-nord, comme on le pensait jusqu'à présent. Une correction qui semble anodine... mais qui permet de sonder l'un des plus grands mystères lunaires.

Depuis que le vaisseau soviétique Luna 3 a photographié pour la première fois la face cachée de la

Lune en 1959, les astronomes se grattent la tête : notre satellite est étonnamment asymétrique. Côté Terre, sa face visible est lisse, plus jeune et couverte de grandes plaines volcaniques sombres. L'autre hémisphère, la face cachée, est bosselé, dépourvu de plaines volcaniques, plus ancien et criblé de cratères. Mais la différence ne s'arrête pas à la topographie : la croûte de la face cachée est deux fois plus épaisse et bien plus pauvre en éléments radioactifs. « Cette asymétrie globale est l'une des caractéristiques les plus marquantes de la Lune, mais nous ne savons toujours pas pourquoi elle existe », confie Jeff Andrews-Hanna.

Le bassin Pôle Sud-Aitken se situe dans l'hémisphère Sud de la face cachée, mais sa taille est si vaste qu'il déborde presque sur la face visible. Cette caractéristique fait de lui un outil privilégié pour étudier l'asymétrie lunaire. « Plus un bassin d'impact est grand, plus la collision lors de sa formation a entraîné l'excavation de roches profondes, provenant

Le bassin Pôle Sud-Aitken, sur la face cachée de la Lune, a été formé par un astéroïde allant vers le sud (vers le bas de l'image). Certains de ces éjectas (en rouge vif) contiennent des vestiges de l'océan de magma qui couvrait la Lune à ses débuts. © J. Andrews-Hanna/Univ. d'Arizona/Nasa/NAOJ

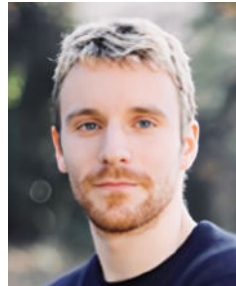
Jeff Andrews-Hanna et Adrien Broquet ont étudié les éjectas du bassin Pôle Sud-Aitken. Selon eux, l'asymétrie entre les deux faces de la Lune était déjà en place au moment de l'impact qui a créé cette large cicatrice sur notre satellite naturel. DR

parfois de plusieurs centaines de kilomètres de profondeur », explique Adrien Broquet, coauteur de l'étude et chercheur à l'agence spatiale allemande (DLR). « Les bassins d'impacts nous donnent donc accès à des roches issues du manteau lunaire, difficile à atteindre autrement », poursuit le planétologue. Ces roches retrouvées dans les éjectas du bassin d'impact sont représentatives de l'époque où la collision a eu lieu. Il est donc crucial de savoir où se trouvent ces éjectas, ce qui nécessite de connaître la direction de l'impact.

Un impact en forme d'œuf

Jusqu'ici, la plupart des modèles imaginaient un projectile venu du sud, s'appuyant notamment sur des anomalies magnétiques situées au nord du bassin. Pour en avoir le cœur net, l'équipe s'est basée sur les données de la mission Grail [Gravity Recovery and Interior Laboratory], qui mesure les variations du champ de gravité lunaire au kilomètre, et sur la topographie détaillée obtenue par l'altimètre laser du satellite Lunar Reconnaissance Orbiter. Elle a aussi intégré les cartes de composition chimique du spectromètre gamma de Lunar Prospector, capables de repérer la signature du thorium et du titane à la surface. Résultat : le bassin, légèrement asymétrique, s'affine vers le sud, un peu comme un œuf. « Cette forme s'explique très bien à l'aide de la géométrie des impacts, soutient Adrien Broquet. Lorsqu'un gros impacteur percute un astre sphérique, la surface de collision diminue au fur et à mesure de l'impact. La pointe de l'œuf indique donc la direction de l'astéroïde. » Afin de le vérifier, les scientifiques ont étudié d'autres grands bassins d'impact dans le Système solaire, comme Hellas Planitia sur Mars et Spoutnik sur Pluton.

« Pour tous ces bassins dont on connaît la direction de



l'impact, la zone la plus étroite se trouve dans le sens de déplacement de l'astéroïde, confirme Jeff Andrews-Hanna. Dans le cas de Pôle Sud-Aitken, cela indique clairement une trajectoire du nord vers le sud. » Un résultat qui contredit ce qui était admis jusqu'alors.

Cette conclusion a une conséquence directe : les éjectas, c'est-à-dire les roches projetées hors du cratère au moment de l'impact, se sont donc accumulés au sud du bassin. Mais la véritable surprise vient de leur analyse chimique. Les astronomes ont mis en évidence une anomalie en étudiant les données du spectromètre gamma : la moitié ouest du bassin est riche en thorium, tandis que la moitié orientale en est presque dépourvue. Pour eux, il s'agit là des traces des dernières

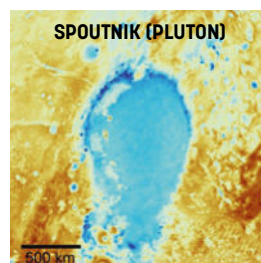
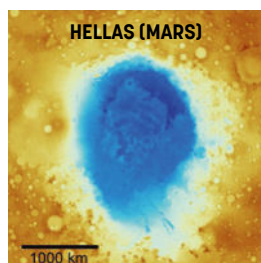
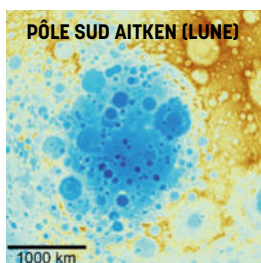
poches d'un océan de magma qui recouvrait autrefois l'ensemble de notre satellite naturel. « La Lune était si chaude à sa naissance, qu'elle était presque entièrement fondue, rappelle Adrien Broquet. En refroidissant, les minéraux légers (plagioclases) ont formé la croûte en flottant, tandis que les plus denses (olivine et périclase) ont coulé pour constituer le manteau. Mais certains éléments radioactifs, en particulier le thorium et le potassium, sont restés concentrés dans les tout derniers liquides, pris en sandwich entre la croûte et le manteau, à quelques dizaines de kilomètres de profondeur. » Or, dans le bassin Aitken, on retrouve ces éléments radioactifs dans les éjectas du flanc sud-ouest, mais pas dans ceux du sud-est.

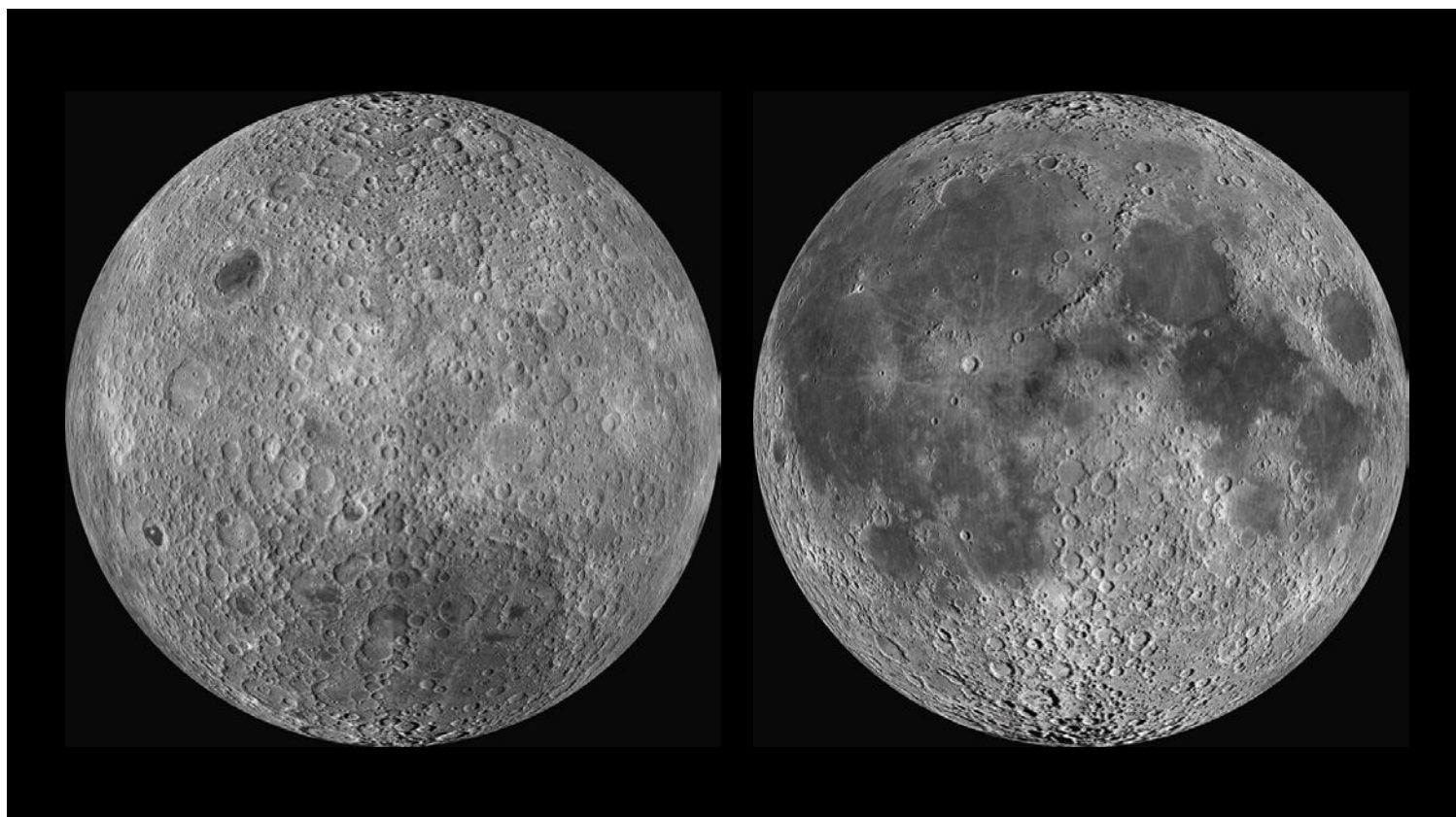
Expliquer la dichotomie lunaire

Cette asymétrie d'éléments radioactifs serait-elle liée à l'asymétrie entre les deux faces de la Lune ? C'est ce que pense l'équipe de Jeff Andrews-Hanna. « Les cartes de thorium montrent de fortes concentrations sur la face visible, là où nous estimons que les derniers vestiges de l'océan magmatique se sont accumulés », décrit celui-ci. « Si l'on part de l'hypothèse que la croûte était déjà plus épaisse sur la face cachée au début de la phase de cristallisation de l'océan de magma, on finit avec une plus forte concentration d'éléments radioactifs sur la face visible », poursuit Adrien Broquet. En effet, sous la pression, les derniers liquides riches en éléments radioactifs auraient été poussés vers la face visible, un peu comme la pâte d'un tube

Ces trois bassins sont dus à un impact oblique. Leur contour s'affine dans le sens de la profondeur (en bas), comme une goutte de pluie ou un avocat. Le bleu indique les altitudes plus basses, l'orange, les plus hautes.

© J. Andrews-Hanna/
Université d'Arizona/Nasa





qu'on presse d'un côté. Résultat : une face surchauffée, volcanique à croûte mince, l'autre froide et avec une croûte épaisse.

Or à la fin de la cristallisation, les modèles indiquent que les poches de magma étaient encore présentes au sud-ouest de l'actuel bassin Aitken. « *Un impact céleste à cette époque aurait ainsi excavé du magma et donc des éléments radioactifs à l'ouest* », conclut Adrien Broquet. La trace radioactive découverte aujourd'hui serait une preuve de ce processus de cristallisation de l'océan de magma. « *Nos travaux montrent que l'asymétrie entre les deux faces était déjà en place au moment de l'impact qui a formé le bassin Pôle Sud-Aitken* », résume Jeff Andrews-Hanna. L'impact, avec ses retombées, apporte donc un indice qui fortifie le scénario de cristallisation de l'océan de magma, plus rapide sur la face cachée que sur la face visible, ce qui explique pourquoi la face visible est plus volcanique. L'idéal serait de parvenir à dater précisément le bassin, afin de confirmer que l'impact a bien eu lieu à la fin de la cristallisation du magma. En d'autres termes, le bassin Pôle Sud-Aitken apporte une preuve du

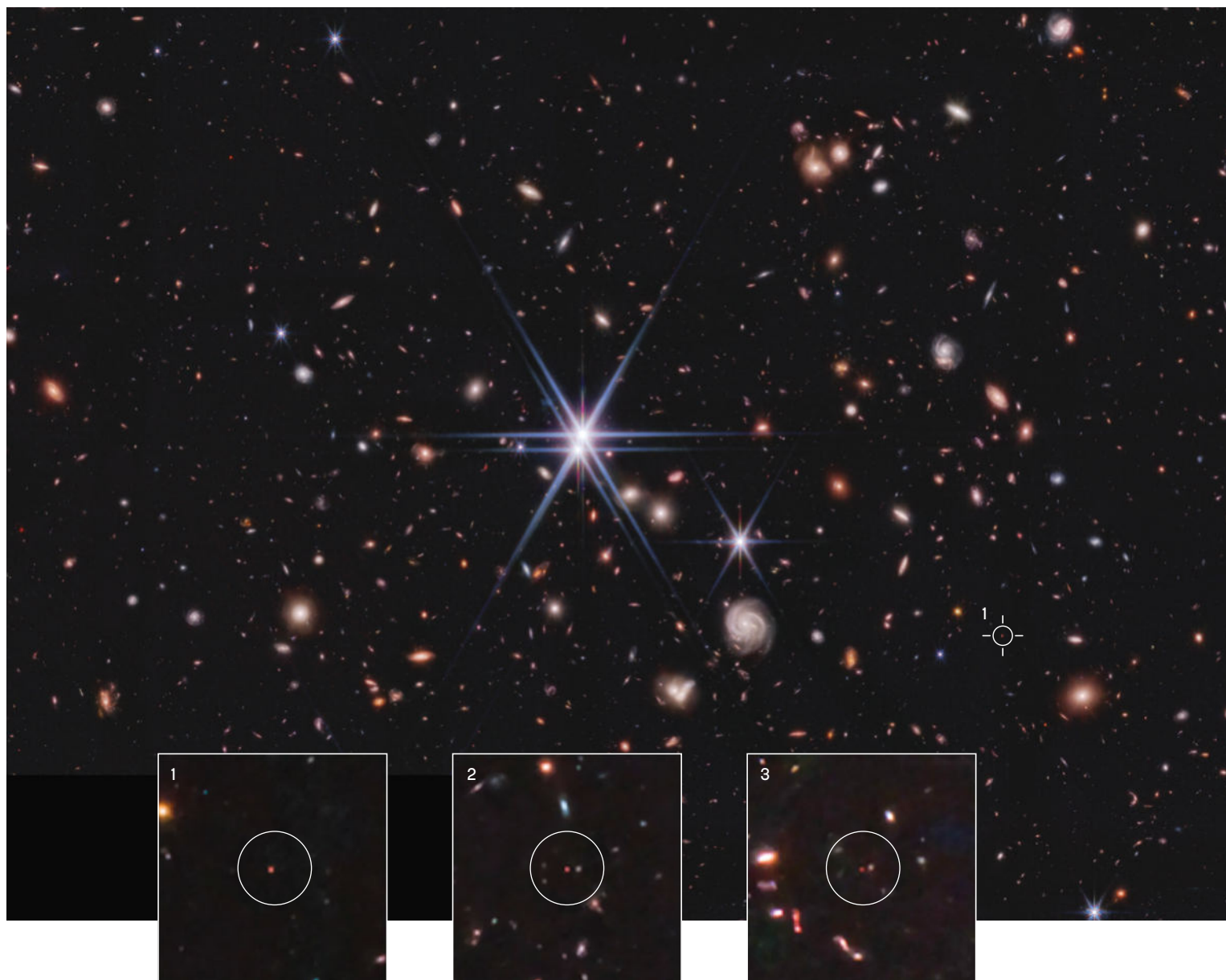
rôle clé de l'océan de magma pour expliquer la dichotomie de la Lune.

Artemis au bon endroit

Le hasard (ou la stratégie de la Nasa) fait bien les choses. Les premières missions Artemis devraient atterrir au bord sud du bassin, sur ce terrain jonché d'éjectas venus des profondeurs. « *Ces roches sont des capsules temporelles* », compare Adrien Broquet. Les échantillons rapportés par les astronautes permettront de vérifier la présence de minéraux caractéristiques du manteau, afin de confirmer que l'impact a bien excavé des matériaux provenant de l'océan de magma. « *On pourra aussi tenter de dater le bassin de façon précise* », ajoute le planétologue, pour contrôler qu'il s'est formé à la fin de la cristallisation. « *Grâce aux données satellites combinées aux échantillons, nous pourrions non seulement approfondir notre compréhension du bassin Pôle Sud-Aitken, mais aussi en apprendre davantage sur les grands impacts planétaires en général, anticipe Jeff Andrews-Hanna. Ces événements ont joué un rôle déterminant dans l'évolution des planètes à l'aube du Système solaire.* » 🌕

La face cachée de la Lune (à gauche) est bien plus cratérisée et sa croûte est bien plus épaisse que celle de la face visible (à droite), dont les grandes plaines volcaniques nous sont familières.

© Nasa/LRO



LES PETITS POINTS ROUGES DU JWST, SOURCES DE TROUS NOIRS SUPERMASSIFS

Le télescope spatial James Webb a débusqué dans l'Univers lointain des objets énigmatiques sous la forme de points rouges. Pour résoudre le mystère, un astronome chilien parvient à une conclusion étonnante : ces petits points rouges seraient des trous noirs supermassifs en train de se former.

Stéphane Fay



Quand le télescope spatial James Webb (JWST) a été mis en service, l'une de ses premières cibles a été la recherche de galaxies dans l'Univers jeune. Il a alors révélé quelque chose d'inattendu dès ses premières images : de petits points rouges dont l'étude indique qu'ils ont existé entre 650 millions et 1,5 milliard d'années après le big bang ! Les astronomes ont bien sûr tenté de comprendre leur nature et pourquoi ces points sont présents sur une si courte période de près d'un milliard d'années. Plusieurs hypothèses ont fleuri, dont deux tiennent la corde aujourd'hui. La première est celle de galaxies massives et très poussiéreuses. Les poussières leur donneraient cette couleur rouge. Pour réconcilier la masse

énorme de ces galaxies avec leur aspect ramassé en un point, il faudrait aussi que de grandes flambées stellaires aient donné naissance à de nombreuses étoiles dans leur cœur.

Seconde hypothèse : les points rouges sont des trous noirs supermassifs qui trônent au milieu de groupes d'étoiles restreints, le tout dans de la poussière. Ceci expliquerait le fait que les raies de l'hydrogène émises par leur cœur soient si larges. Elles seraient déformées par l'intense gravitation d'un tel astre. Mais jusqu'ici, impossible de trancher entre ces deux options incompatibles, chacune ayant ses avantages et ses faiblesses. L'équipe d'Andrés Escala (université du Chili à Santiago) propose une voie intermédiaire où elles n'en font plus qu'une.

De minuscules points rouges apparaissent sur cette image obtenue en infrarouge par le télescope spatial James Webb. Ils correspondent à des astres qui ont existé quand l'Univers avait entre 650 millions et 1,5 milliard d'années, alors qu'il a aujourd'hui 13,8 milliards d'années.

© Nasa, ESA, CSA

L'idée est qu'en les réunissant, on peut résoudre les problèmes qu'elles posent séparément. En effet, si l'on examine la lumière des étoiles des petits points rouges, on constate que celles-ci se déplacent très vite, dans les 1 500 km/s, soit 4 fois plus que leurs congénères à la même époque. Ces vitesses sont entre autres mesurées en observant le blueshift et le redshift⁽¹⁾ des étoiles qui tournent autour de leur centre galactique, certaines venant donc vers nous quand d'autres s'éloignent comme des enfants sur un tourniquet. Dans l'hypothèse de galaxies massives, de telles vitesses rendraient ces dernières instables, car leurs étoiles pourraient s'éparpiller... sauf à supposer une énorme quantité de matière noire qui les retiendrait par la gravitation, ce qui ne ferait que résoudre un mystère par un autre. Deuxième particularité inexplicable de ces galaxies poussiéreuses : elles seraient dix fois plus petites (300 années-lumière de diamètre en moyenne) que les plus petites observées jusque-là, et bien plus massives.

D'autres soucis apparaissent tout autant si l'on estime que les petits points rouges sont des trous noirs supermassifs entourés d'un cortège d'étoiles. On ne s'explique pas pourquoi la plupart d'entre eux n'émettent que peu de rayons X. En effet, les régions les plus internes des trous noirs sont très énergétiques

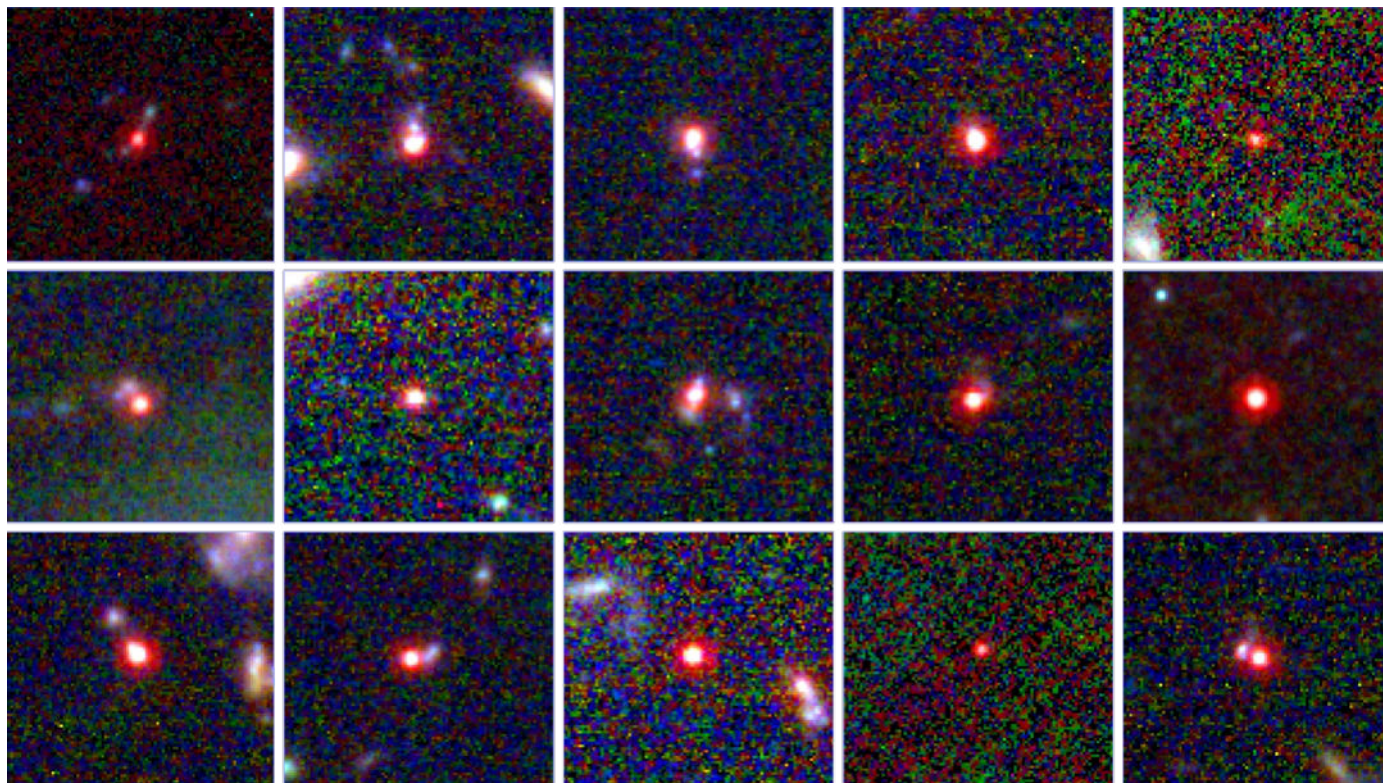
et les plasmas qui s'y déplacent à grande vitesse produisent en général ce type de rayonnements. De plus, les trous noirs des points rouges représenteraient l'équivalent de 10 % de leur masse avec les étoiles de leur voisinage contre 0,1 % pour des objets comme les quasars avec leur trou noir supermassif en leur centre. Cet écart de 1 à 100 les rend étrangement massifs par rapport à leur environnement.

Un trou noir dans une étoile

Ne vaudrait-il pas mieux jeter ces deux hypothèses à la poubelle si elles comportent tant de problèmes ? Pas d'après Andrés Escala, qui propose de n'en faire qu'une ! Dans de tels systèmes denses en étoiles se déplaçant très vite, il y a une compétition entre leur dispersion du fait de leur vitesse et leur fusion du fait de leur densité. Cela dépend de la masse et du rayon du système. Or, pour les petits points rouges qui font plus d'un milliard de masses solaires pour quelques centaines d'années-lumière de diamètre, la fusion serait inévitable compte tenu de la densité stellaire. « *Un observateur verrait les étoiles fusionner pour former une quasi-étoile supermassive* », décrit Andrés Escala. Un tel objet, encore hypothétique aujourd'hui, serait semblable à une énorme étoile avec un trou noir au centre dont l'énergie du

Galaxies riches en poussières ou trous noirs ? Andrés Escala propose une solution qui concilie les deux hypothèses pour expliquer les points rouges trouvés sur les photos du JWST (ci-contre, l'amas de Pandore, Abell 2744).
© Nasa, ESA, CSA





disque d'accrétion empêcherait l'effondrement. Avec le temps, elle atteindrait mille à un million de masses solaires avant de s'effondrer en trou noir. « Des ondes gravitationnelles seraient alors émises qui pourraient être détectées par un interféromètre spatial, comme le futur observatoire *Lisa*, signant la naissance d'un trou noir supermassif », espère Andrés Escala. Il continuerait de grossir en avalant les étoiles de son voisinage, soit environ 10 % des étoiles du petit point rouge compte tenu de la densité stellaire en son cœur. « Au bout de ce processus, les régions internes se seront complètement effondrées et il ne resterait que le trou noir supermassif avec quelques étoiles autour », achève Andrés Escala. Ainsi, une galaxie poussiéreuse (la première hypothèse) finirait sa vie en un trou noir supermassif (la seconde hypothèse). « Par la suite, les petits points rouges fusionnent probablement avec d'autres galaxies pour devenir des galaxies standard », suppose l'astrophysicien. Ils disparaîtraient donc du ciel.

Des objets éphémères

Ce scénario expliquerait nombre de leurs caractéristiques problématiques. Entre autres, que ces objets ne soient que de passage dans la longue histoire de l'Univers. La plupart d'entre eux n'émet-

traient pas de rayons X, puisqu'ils ne seraient pas encore devenus des trous noirs. Et, une fois ces derniers advenus, ils constitueraient naturellement une part importante de la masse du petit point rouge ! Les calculs montrent que les trous noirs ainsi obtenus auraient une masse comprise entre 5 millions (ordre de grandeur du trou noir supermassif situé au cœur de notre galaxie) et 1 milliard de masses solaires, selon que beaucoup ou peu d'étoiles parviennent à lui échapper au cours de sa formation, attestant de sa nature supermassive.

Les petits points rouges seraient donc des creusets à trous noirs supermassifs. Pour mieux étayer cette hypothèse, « de nouvelles observations sont nécessaires pour bien contraindre leur masse, leur rayon et leur structure interne, ainsi que des modélisations numériques afin de suivre les collisions des étoiles avec le gaz et la poussière », préconise Andrés Escala. Une chose qui n'a jamais encore été réalisée, car il faudrait pour cela simuler le mouvement d'un milliard d'étoiles ! ☹

Une galaxie poussiéreuse finirait sa vie en un trou noir supermassif. « Par la suite, les petits points rouges fusionnent probablement avec d'autres galaxies pour devenir des galaxies standard », suppose le chercheur chilien. Ils disparaîtraient donc du ciel. © Nasa, ESA, CSA

(1) Selon qu'un astre s'éloigne ou se rapproche de nous, sa lumière se décale vers les grandes longueurs d'onde (vers le « rouge », d'où le terme de redshift pour nommer ce décalage) ou vers les courtes longueurs d'onde (vers le « bleu », d'où le terme de blueshift).

UNE ÉQUIPE DE CHOC SOUS LE CIEL DU CHILI

Julien Looten a mis sur pied une expédition dans le désert d'Atacama en s'entourant d'astrophotographes parmi les plus talentueux.

Jean-Luc Dauvergne



Plusieurs fois primé au concours Les Étoiles de l'astronomie organisé par l'AEA, Julien Looten a mené en juillet 2025 une expédition photo dans le désert d'Atacama. « L'idée a germé dans ma tête et celle d'Axel Willerval il y a deux ans, après une session astro ratée à cause des nuages près d'Arras, raconte-t-il. En plaisantant, on s'est dit : "Ça suffit, on part au Chili". » Pour monter le projet, il a constitué une petite équipe. « Je voulais des personnes fiables et complémentaires, avec

qui je partageais la même vision de la photo : sans prise de tête, sans trucages, composites ou autres exagérations trop fréquentes sur les réseaux. Bref, privilégier l'éthique. » Le projet prévoyait un passage obligé à Paranal, et la rédaction de Ciel & espace a aidé le groupe à obtenir l'autorisation d'y passer une nuit. « Un moment privilégié, au pied du plus grand télescope du monde, sous l'un des plus beaux ciels de la planète. On avait l'impression de rêver », se souvient le photographe, encore émerveillé.



ÇA SE PASSE LÀ-HAUT

Point d'orgue de l'expédition au Chili, l'observatoire du Very Large Telescope a marqué les photographes. Le hasard a bien fait les choses : « J'ai reçu un cadeau d'anniversaire rêvé : passer une nuit au sommet du plus grand télescope du monde », souligne Julien Looten. Pièce maîtresse de sa moisson photo, cette image montre la lumière zodiacale à gauche, les lasers du télescope Yepun (UT4), la Voie lactée, les Nuages de Magellan, ainsi qu'un airglow rouge et vert, cette lueur nocturne due à l'atmosphère. © J. Looten



Le groupe de photographes pose sous les étoiles. De gauche à droite et de haut en bas : Martin Lefranc, Axel Willerval, Flavien Beauvais, Steve Rusti, Maxime Deschamps-Berger et Julien Looten



ENTRE CIEL, EAU ET TERRE

À près de 4000 m d'altitude, la vallée des Cactus a offert aux photographes l'un des plus beaux ciels de leur séjour. Martin Lefranc a bravé le froid, les éboulis et les épines de cactus pour prendre cette photo au bord de l'eau. En constituant un panorama d'une vingtaine d'images, il a joué sur la symétrie entre la rivière et la Voie lactée. © M. Lefranc



À près de 4 000 m d'altitude, les six astrophotographes ont bénéficié de l'un des meilleurs ciels de la planète

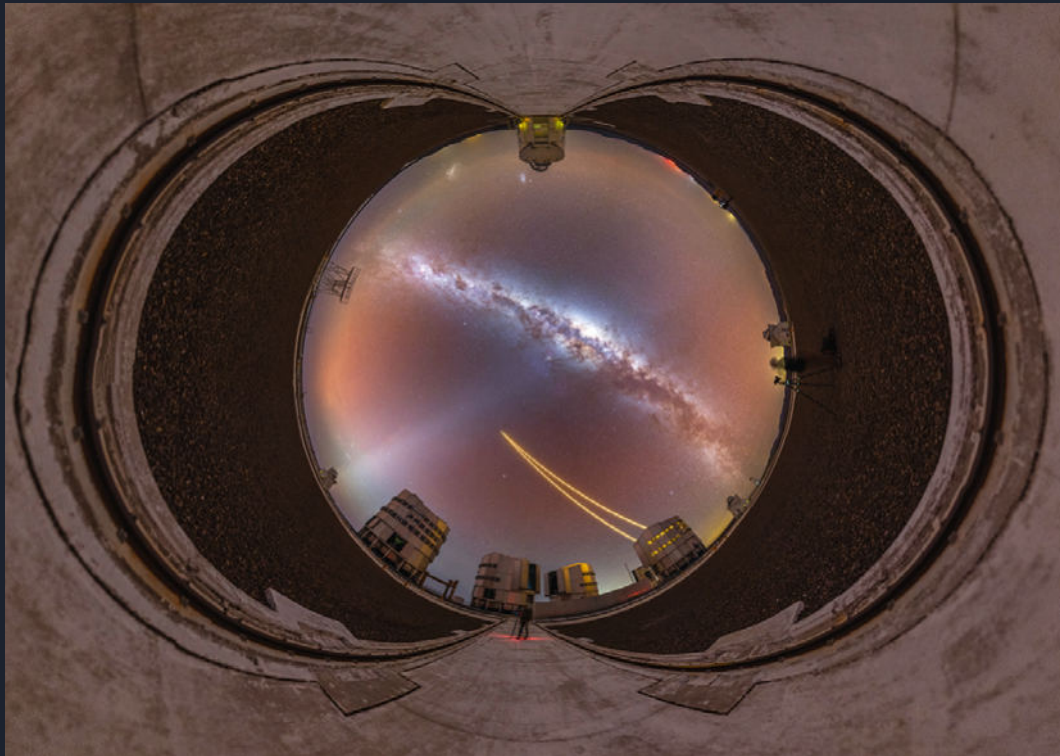


SEUL FACE AU COSMOS

Pour cette vue en fish-eye, Martin Lefranc s'est placé au milieu des coupes des télescopes de 8,2 m de l'observatoire européen du Paranal. L'airglow était très fort au moment de la prise de vue, teintant le ciel de rouge. © M. Lefranc

LA LUMIÈRE ZODIACALE DE PART EN PART

« Il n'y avait aucun bruit à part les télescopes qui tournaient. Imaginez ce silence, dans un tel endroit, sous un ciel nocturne aussi spectaculaire », raconte Flavien Beauvais, en se remémorant ce moment privilégié sur la plateforme du Very Large Telescope. Le panorama — 72 photos de 10 mm — met en évidence la lumière zodiacale, qui traverse le ciel de part en part et coupe la Voie lactée. © F. Beauvais



ARCHE GALACTIQUE DANS LE DÉSERT D'ATACAMA

« On était un peu perdus dans l'espace, avec l'immensité et la splendeur de ce ciel nocturne qu'on ne retrouve qu'ici », se souvient Flavien Beauvais. Pour ce panorama pris en plein désert, il a trouvé une composition idéale entre la Voie lactée et la barre rocheuse. © F. Beauvais



LE MAGIC BUS ATACAMA SOUS LES ÉTOILES

En plein cœur de la cordillère de Sel, ce vieux bus immortalisé sous les étoiles par Maxime Deschamps-Berger servait autrefois à transporter les ouvriers d'une mine. Après la faillite de la société, il a été abandonné là, jusqu'à ce qu'un photographe le découvre et le rende populaire sur les réseaux sociaux. L'artefact insolite, aujourd'hui recouvert de graffitis, contraste avec les paysages sauvages alentour, à couper le souffle. © M. Deschamps-Berger





LE SEL DES ÉTOILES

Au cœur de l'immense salar d'Atacama, la lagune de Baltinache offre un paysage emblématique du désert chilien. Steve Rusti a réalisé une superbe composition en captant son reflet dans l'eau plutôt que celui des étoiles. Le sol, formé de cristaux et de mottes de sel, donne au paysage un air extraterrestre, sublimé par les Nuages de Magellan. © S. Rusti

L'immense salar d'Atacama au cœur du désert chilien offre des paysages de rêve pour ces passionnés de photo

CAROLINE HERSCHEL, DANS L'OMBRE DU FRÈRE

Dans la famille Herschel, on connaît bien sûr William, le découvreur d'Uranus.

Moins sa sœur Caroline, devenue astronome grâce à ses dons, sa soif d'apprendre et sa fine compréhension de la société savante de son temps.

Myriam Détruy

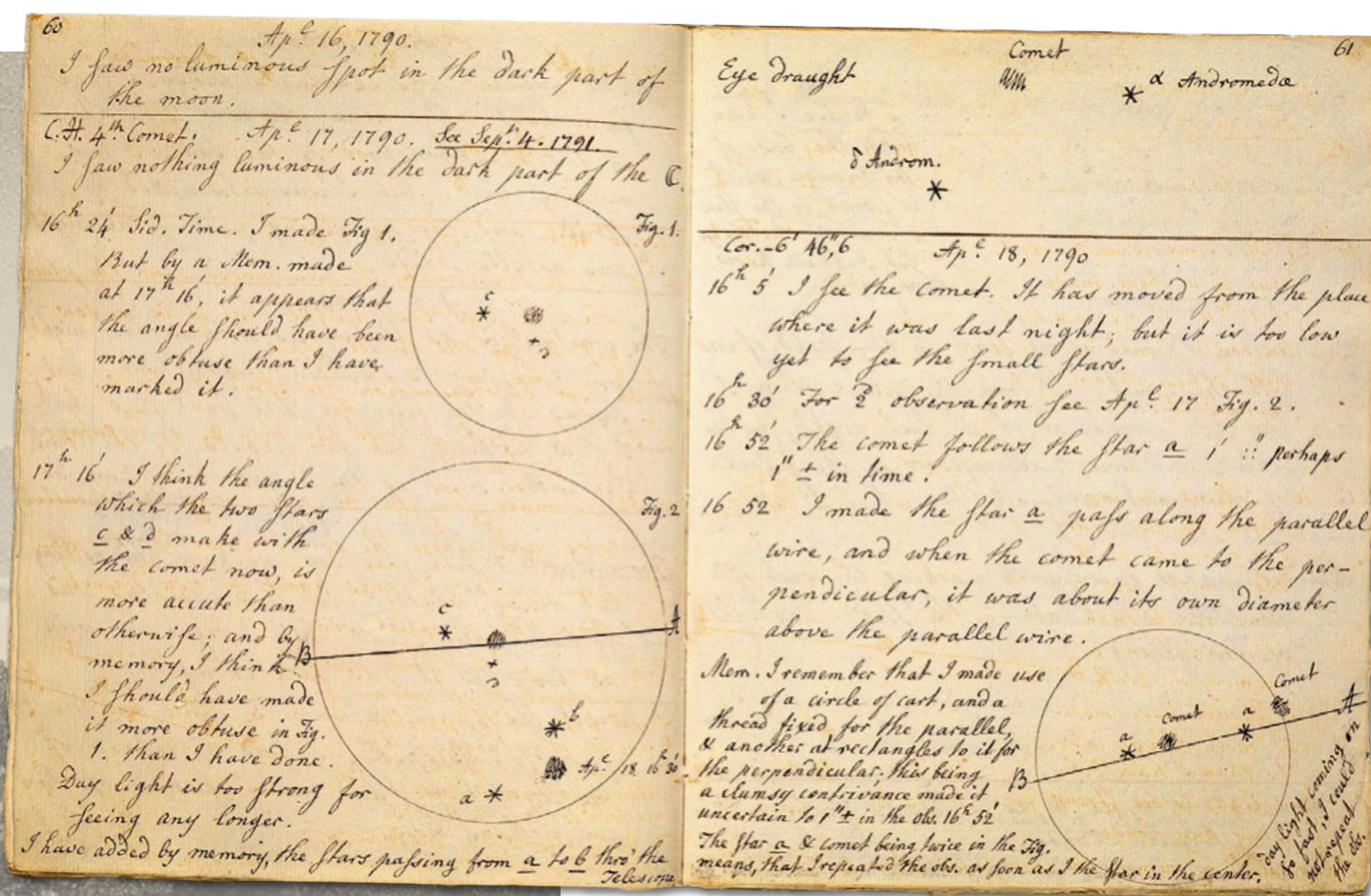


A 47 ans, Caroline Herschel n'avait jamais fait plus de 3 km à cheval. Ce 15 août 1797, pourtant, elle enfourche une monture et parcourt en six heures les 50 km qui séparent Windsor, où elle réside, de l'observatoire de Greenwich. Elle n'a dormi qu'une heure et veut annoncer à l'astronome royal Nevil Maskelyne qu'elle vient de trouver une huitième comète⁽¹⁾ ! Celui-ci accueille avec enthousiasme la nouvelle apportée par celle qui n'est plus seulement la sœur cadette de William Herschel, le découvreur d'Uranus. Depuis plusieurs années déjà, Caroline s'est fait un nom dans le monde savant. Au point d'être

devenue la première femme astronome à être rémunérée pour son travail...

Elle n'était absolument pas destinée à devenir cette grande figure de l'histoire de l'astronomie. Huitième des dix enfants qu'ont eus Isaac Herschel et Anna Ilse Moritzen, Caroline Herschel (1750-1848) grandit à Hanovre dans un environnement très modeste et loin de son grand frère William, de douze ans son aîné, qui a fui ses obligations militaires et s'est réfugié à Londres. Leur père est musicien dans l'armée et ne rentre à la maison que lors de permissions. Mais à chaque fois, il insiste pour donner à tous ses enfants une culture musicale

Ci-dessous, les notes prises par Caroline Herschel en avril 1790 lors de la découverte de la comète C/1790 H1 Herschel. Page de gauche : son portrait réalisé en 1829 et une gravure de l'observatoire de Greenwich. DR



Spécialiste des comètes, Caroline Herschel est devenue la première femme astronome à être rémunérée pour son travail

Leur père, musicien militaire, insiste pour donner à tous ses enfants une culture générale et leur fait même observer le ciel

ainsi que générale, et leur fait même observer le ciel nocturne. Il a pour espoir que ses fils deviendront musiciens de meilleur rang que lui.

Caroline va comme ses frères dans une école réservée aux enfants de militaires. Elle a la chance d'y apprendre à lire et à écrire, mais à la place des mathématiques, que l'on enseigne uniquement aux garçons, elle suit des cours de tricot et de confection de chapeaux. Elle aimerait s'initier au français dans l'idée de devenir gouvernante. Cependant, sa mère, qui voit en elle une future aide pour les tâches domestiques, le lui interdit. En 1761, Caroline survit à un épisode de typhus qui contrarie sa croissance et la laisse défigurée à l'âge de 11 ans. Son père considère alors qu'elle ne pourra sans doute jamais trouver un époux. *« Puisqu'il était exclu de se marier, de travailler au service d'une famille ou d'enseigner, les options de Caroline étaient extrêmement limitées »*, commente Emily Winterburn, autrice d'une biographie de l'astronome⁽²⁾. La jeune fille ne veut pourtant pas se laisser enfermer dans une vie qui lui apparaît plus que morose. *« Je ne supportais pas l'idée de devenir une simple bonne à tout faire »*, écrit-elle dans ses mémoires. Ses capacités d'apprentissage vont l'aider à se forger une autre destinée.

Dans sa famille à Hanovre, la jeune Caroline est destinée aux tâches ménagères, bien qu'elle ait reçu la même éducation musicale que ses frères. DR



En 1764, William, qui a entamé une carrière de musicien et de compositeur en Grande-Bretagne, rend visite à sa famille à Hanovre. Occupée en cuisine et par la préparation de sa communion, Caroline regrette de ne pouvoir participer aux moments partagés en famille et n'a que des échanges fugaces avec celui qu'elle révère déjà. Le jour de son départ l'afflige infiniment, comme elle l'écrit dans ses mémoires : *« J'aimerais qu'il soit possible de dire ce que je voudrais dire, sans ressentir de nouveau cette fiévreuse détresse qui accompagna ma promenade l'après-midi, avec quelques-unes de mes compagnes d'école, vêtue de ma robe noire en soie et de mon bouquet de fleurs artificielles — le même qui avait servi à ma sœur pour son mariage. Je ne pouvais penser à rien d'autre qu'au fait qu'à mon retour, je ne trouverais que mon père et ma mère inconsolables, car les engagements [de son frère] Alexander ne lui permettaient d'être avec nous qu'à certaines heures, et [son autre frère] Jacob n'était que rarement à la maison, si ce n'est pour s'habiller et prendre ses repas. »*

L'invitation à Bath de William

Quelques mois plus tard, un malheur s'abat sur la famille : le père, déjà affaibli par une maladie contractée lors d'une bataille, est frappé d'une infirmité qui le handicapera jusqu'à la fin de sa vie. Il meurt en 1767 à l'âge de 61 ans. Pour Caroline, le coup est dur. La disparition de ce père qui avait toujours cherché à l'élever lui ferme un peu plus l'horizon. Même la compagnie de l'une de ses cousines, venue quelque temps après cette épreuve, la contrarie. *« Cette jeune femme pleine de bonté et d'ignorance s'attacha malheureusement tant à moi qu'elle était avec moi en permanence, ce qui me laissait encore moins de temps pour lire et jouer du violon »*, écrit-elle. Les mois passent, plus mornes les uns que les autres, lorsqu'une lueur inespérée arrive sous la forme d'une lettre. William l'invite à venir à Bath, où il a obtenu un poste d'organiste. Ses autres frères ont déjà résidé chez lui, et il souhaite maintenant que sa sœur chante à ses concerts d'hiver et à ses oratorios. Elle n'a jamais suivi de cours de chant. Son frère Jacob commence donc à lui enseigner les rudiments. Elle quitte Hanovre en août 1772 et arrive à destination après dix jours de voyage. Commence avec William une longue collaboration inattendue, féconde et empreinte d'un immense respect mutuel, nourrie par la talentueuse polyvalence de Caroline. Elle a 22 ans.

Ses premiers pas sur la scène musicale de Bath sont si prometteurs qu'on lui demande fréquemment de se produire ailleurs. Elle apprend rapidement l'anglais et les bonnes manières d'une lady. Avec la bénédiction de son frère, elle séjourne pendant six semaines à Londres avec une marquise qui lui fait découvrir l'opéra, le théâtre, les enchères et la mode. Troublée par le train de vie que de tels amusements impliquent, elle est heureuse de rentrer à Bath pour poursuivre ses activités. *« Mais elle se sait dans une position vulnérable, explique Emily Winterburn. Si elle n'arrive pas à se montrer indispensable, elle court le danger d'être renvoyée chez elle. Après tout, c'était ce que William avait convenu à Hanovre avec sa mère et son frère Jacob. »* Elle entreprend de s'occuper de la maisonnée en apprenant la cuisine anglaise et la comptabilité, mais aussi l'algèbre et la géométrie, alors que William commence à s'intéresser à l'astronomie. Selon l'historienne, *« c'était pour lui l'occasion de tester s'il avait bien compris ce qu'il avait appris. De plus, avoir une sœur qui possédait des connaissances avancées en mathématiques embellissait la réputation de la famille en tant que musiciens mathématiciens de Bath. »*

Construire des télescopes

Un an après l'arrivée de Caroline, William pousse sa curiosité scientifique un peu plus loin. Il s'intéresse à l'optique, rend visite à des fabricants de miroirs et se renseigne auprès d'astronomes et de mathématiciens. Il commence à construire des télescopes, transformant l'intérieur de sa maison pour pouvoir lui-même réaliser et polir de grands miroirs. Il veut voir plus loin que le Système solaire, découvrir les étoiles et expliquer les nébuleuses. Caroline, qui était son assistante-musicienne, devient peu à peu son assistante-astronome. Comme à chaque fois, elle se lance avec pragmatisme dans ses nouvelles tâches et les maîtrise rapidement. Elle aussi se met à polir les miroirs et à compiler les observations de son frère. Le 13 août 1781, il détecte un nouvel objet qu'il prend pour une comète. Après en avoir référé à des astronomes londoniens, il s'avère qu'il s'agit d'une nouvelle planète, la première découverte depuis des millénaires ! L'organiste la nomme *Georgium Sidus* (l'étoile de Georges) en l'honneur du roi de Grande-Bretagne, George III, les Français la baptisent Herschel, et les Allemands, Uranus.



À la suite de cette découverte, les Herschel sont invités à venir poursuivre leurs observations astronomiques à Windsor. Le roi leur donne une pension suffisamment généreuse pour pouvoir faire vivre William et Caroline. Elle-même se met à scruter le ciel, comme elle le rapporte dans ses mémoires : *« À titre d'encouragement, on me remit une lunette adaptée au "balayage" [...]. Je devais "balayer" à la recherche de comètes, et je vois dans mon journal que j'ai commencé, le 22 août 1782, à noter et à décrire toutes les apparitions remarquables que j'observais lors de mes "balayages", qui étaient horizontaux. »* La voilà donc équipée pour des observations astronomiques, qu'elle effectue tout en continuant à s'occuper des

À 22 ans, Caroline rejoint son frère William en Angleterre. Elle tient sa maisonnée, mais l'assiste aussi dans ses recherches en astronomie et en optique (illustration de 1896). © Wellcome coll.



Caroline se forme à l'algèbre, à la géométrie... et au polissage des miroirs pour réaliser des télescopes. Ci-contre, le premier télescope réalisé par les Herschel. Ci-dessous, leur établi pour les concevoir.

© Herschel Museum



tâches domestiques. En 1783, elle découvre trois nébuleuses qui ne se trouvent pas dans le catalogue de Messier, et en 1786, alors que William se trouve à Göttingen, elle annonce avoir vu une nouvelle comète, nommée aujourd'hui C/1786 P1 (Herschel). Ce sera la première des huit voyageuses célestes qu'elle découvrira. Son travail est reconnu par le roi, qui lui accorde en 1787 une pension personnelle de 50 £ par an. Bien qu'elle continue d'approfondir ses connaissances en mathématiques, elle ne détaille pas ses découvertes avec des calculs et des théories. Tout comme William a transmis ses

observations d'Uranus à des astronomes mathématiciens pour qu'ils les analysent, Caroline s'appuie sur des scientifiques pour confirmer ses résultats. Sa rigueur et sa méthode sont précieuses pour parvenir à l'entreprise qu'elle s'est fixée : réviser et compléter l'atlas de Flamsteed, un catalogue d'étoiles réalisé au début du siècle à l'aide d'une lunette par le premier astronome royal de Grande-Bretagne. Elle le réorganise afin d'aider son frère dans ses observations. Nevil Maskelyne, de l'observatoire de Greenwich, lui suggère de faire connaître son ouvrage, mais elle lui fait cette réponse qui sied à sa condition féminine et à son rang : « *Le fait que vous ayez jugé qu'il méritait d'être publié a flatté ma vanité, et non des moindres. Vous voyez, Monsieur, je reconnais avoir de la vanité, car je ne voudrais pas paraître singulière, et y a-t-il jamais eu une femme sans vanité? — ni même un homme? Seulement, avec cette différence : parmi les messieurs, cette qualité porte ordinairement le nom d'ambition.* »

Savante miss

Cette attitude, estime Emily Winterburn, est une démarche consciente de la part de Caroline Herschel. Une véritable stratégie destinée à la faire accepter dans ce monde auquel elle n'appartient pas. « *En tant que femme d'une classe inférieure, qui n'a pas eu d'éducation scientifique et vient d'un milieu de musiciens, elle sait qu'il y aurait beaucoup à redire contre elle si elle voulait devenir une autorité en la matière*, résume l'historienne. *Elle s'arrange donc pour présenter les choses de façon à ce qu'elles soient acceptables.* » Avancant avec prudence et modestie, elle se forge une excellente réputation. Ses échanges épistolaires avec l'astronome Jérôme Lalande, qui la nomme *Savante Miss*, en sont l'une des preuves.

Lorsque William épouse à 50 ans une riche veuve, elle déménage dans une maison voisine et dispose de plus de temps pour ses observations, la gestion du foyer étant désormais à la charge de sa belle-sœur. Entre 1788 et 1797, elle découvre sept autres comètes, l'une à l'œil nu, trois autres avec une petite lunette et encore trois avec une lunette plus grande. Bon nombre de ces observations fructueuses se font à des moments où William est en voyage et n'a pas directement besoin de sa fidèle assistante. Chose étrange, elle a détruit toutes les notes personnelles qu'elle a écrites pendant cette période féconde. Était-ce parce que la nouvelle



situation la contrariait ? Elle qui, pendant seize ans, avait eu une relation exclusive avec son frère, devait désormais accepter de ne plus s'occuper de tout ce qui le concernait. Peut-être malgré elle, elle se consacre ainsi plus à son propre travail dont elle tire une fierté certaine. *« Elle était ambitieuse, comme elle l'avoue presque à Maskelyne, dans le sens où elle recherchait activement la reconnaissance et le mérite, précise Emily Winterburn. En même temps, elle n'aspirait pas à l'indépendance. Elle faisait partie du projet familial des Herschel, mais au sein de celui-ci, elle ne voyait aucune raison de ne pas mettre en avant son rôle spécifique et ses propres réalisations. »* Elle participe d'ailleurs à l'éducation de son neveu John, né en 1792, qui deviendra lui-même un astronome de renom.

À partir de 1797, elle observe plus rarement. Elle qui voyage très peu, accepte en 1799 l'honneur que lui fait Nevil Maskelyne de venir passer une dizaine de jours à l'observatoire de Greenwich, où elle ne dort que quelques heures par nuit tant elle est occupée à recopier les notes de son frère et à profiter de la vie londonienne. Elle consacre les décennies suivantes toujours au travail de William, ainsi qu'à ses soins. Affaibli par une longue maladie, celui-ci meurt en 1822, un an après leur frère Alexander.

Caroline est terriblement affectée par cette perte et décide de retourner sur les lieux de son enfance après cinquante ans passés en Grande-Bretagne. Elle le regrette rapidement, tant tout a changé. Armée de son inépuisable persévérance, elle s'adapte cependant à 72 ans à cet ancien nouveau monde. Sa solitude et son travail — elle continue de réécrire un catalogue de nébuleuses et amas d'étoiles — sont de temps en temps interrompus par une visite qui ne fait pas démentir sa renommée scientifique. En 1828, la Royal Astronomical Society lui décerne la médaille d'or, une distinction qui ne sera accordée une deuxième fois à une femme, Vera Rubin, qu'en 1996. Malgré d'autres honneurs, elle vit très modestement, choisissant d'acheter des cadeaux pour sa famille avec le reste de la pension que lui a versé William. Pour ses 97 ans, elle reçoit la visite du prince et de la princesse de Hanovre. Au cours de leurs deux heures d'entretien, elle se met à chanter une composition de son cher frère, qu'elle rejoindra dix mois plus tard sur le chemin des étoiles. ☾

(1) Nommée C/1797 P1 (Bouvard-Herschel), car elle a été observée en même temps par le Français Alexis Bouvard.

(2) *The Quiet Revolution of Caroline Herschel*, The History Press Ltd, 2018, 290 p.

Sa chasse aux comètes a permis à Caroline Herschel de découvrir également plusieurs objets du ciel profond, comme la galaxie du Sculpteur ou l'amas stellaire NGC 7380, au cœur de la nébuleuse du Sorcier (ci-dessus vue en infrarouge par le satellite WISE).

© Nasa/JPL-Caltech/UCLA

SOUS LES FEUX D'HI'IAKA PATERA, VOLCAN DE IO

Io est une destination de choix pour les volcanologues. La puissance gravitationnelle de Jupiter, toute proche, malaxe le premier des satellites galiléens et couvre sa surface de caldeiras. Attention : chaud devant !

Émilie Martin

Vous avez reçu l'instruction précise de ne pas vous approcher à moins de 100 m sous peine de compromettre votre sécurité. Mais vous n'avez pas pu vous en empêcher. Le spectacle inouï qui se déploie sous vos yeux vous attire irrémédiablement. 80 m,

75... Une alarme retentit dans votre scaphandre, qui vous intime l'ordre de vous arrêter. Vous finissez par obéir. Depuis le bord du précipice, la vue sur Hi'aka Patera⁽¹⁾, l'une des quelque 400 caldeiras actives à la surface du satellite Io, est déjà phénoménale. Un vaste



VOUS ÊTES ICI



Le satellite jovien Io est le corps le plus volcanique du Système solaire. Environ 30 % de son sous-sol seraient composés de lave fondue. Illustration : © O. Hodasava pour C&E

chaudron d'environ 150 km de diamètre rougeoye et palpite, tel un gigantesque organe vivant. Dans la longue nuit de la première des lunes joviennes, ses contours sont délimités par un hypnotique anneau de lave orange vif. Il vous tardait de la voir en vrai,

cette structure «en anneau chaud» caractéristique des paterae de Io, et identifiée dès les années 1990 par la sonde américaine Galileo. À la manière d'une marmite portée à ébullition, ces cuvettes de lave extraterrestre obéissent à des mouvements de

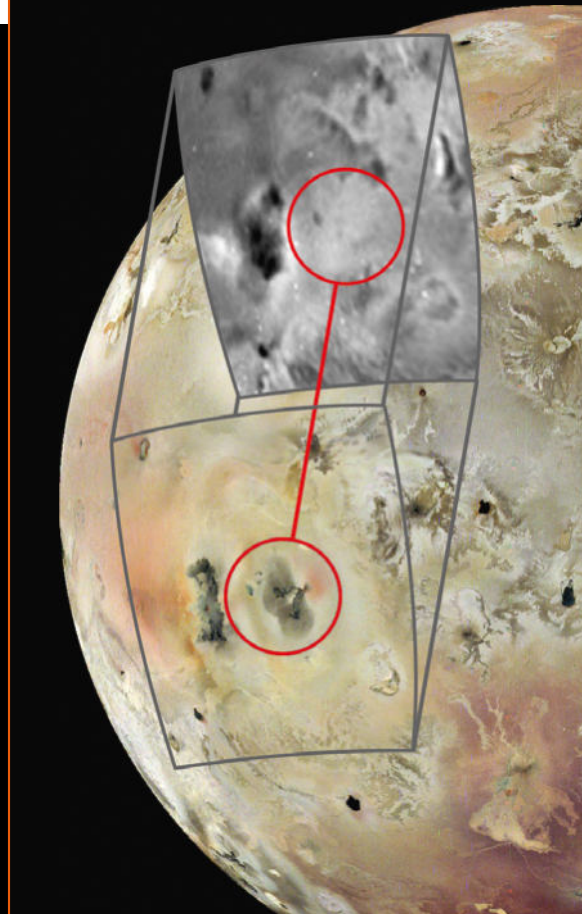


VOUS ÊTES ICI



Dans sa route vers Pluton, la sonde New Horizons croise Io. Elle photographie ce panache haut de 290 km depuis une distance de 2,5 millions de kilomètres. La mission Voyager a été la première en 1979 à voir de telles structures sur le satellite de Jupiter.

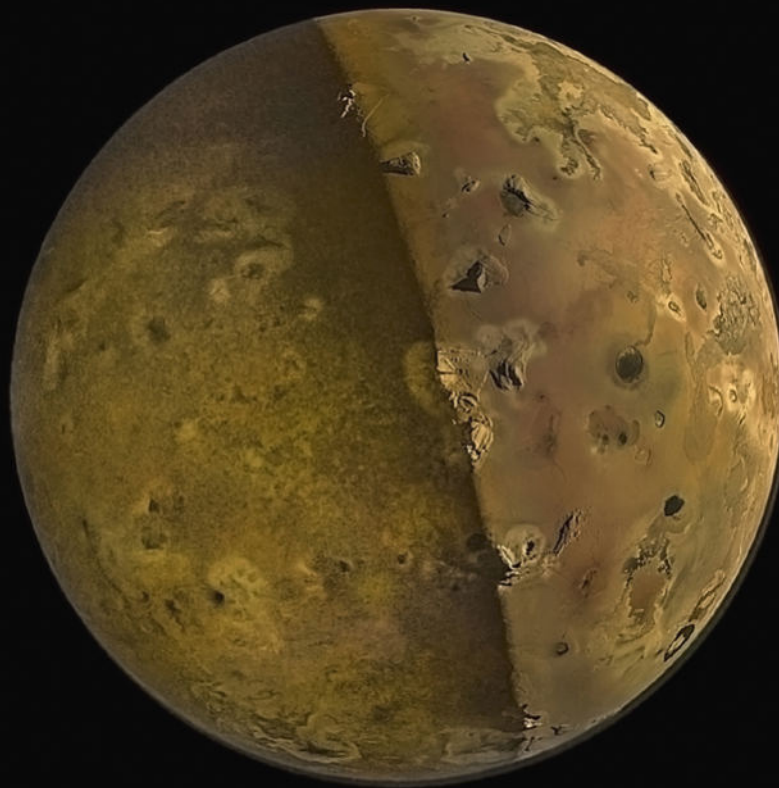
© Nasa/Johns Hopkins University/Southwest Research Institute



La sonde Juno est en orbite autour de Jupiter depuis 2016. Cette image de 2024 révèle l'apparition d'un volcan à la surface de Io, après comparaison de la même région vue par la mission Galileo en 1997 (photo NB). Le nouveau venu fait 180 km de large. © Nasa/JPL-Caltech/SwRI/MSSS

Le 30 décembre 2023, la sonde Juno effectue un survol rapproché de Io. Son passage à quelque 1500 km de distance lui permet de détailler ce monde volcanique dont la taille est similaire à celle de la Lune. À noter ici un effet de lumière cendrée : l'hémisphère gauche est éclairé par la lumière solaire réfléctée par Jupiter.

© Nasa/JPL-Caltech/SwRI/MSSS]



Soumis à la gravité colossale de Jupiter, Io subit de puissants effets de marée accentués par l'influence d'Europe et de Ganymède

convection. En remontant à la surface, où la température moyenne est de -130°C , la lave se solidifie et forme progressivement une croûte brunâtre parfois pailletée de glace qui surnage au milieu du lac, icebergs rocheux sur une mer de feu. Malmenée par le bouillon brûlant qui la porte, cette croûte se fracture sur les rebords de la caldeira, laissant apparaître l'incandescent magma. Porté à 1300°C , il est principalement constitué de silicates et de soufre. Au gré des humeurs volcaniques des paterae, le magma jaillit plus ou moins de cette plaie circulaire. Vous avez de la chance, Hi'Iaka est en colère. Devant vous, à plusieurs dizaines de mètres en contrebas, la lave déborde et s'écoule en une rivière pourpre dans votre direction.

Au loin, sur le bord opposé, un rideau de feu s'élève à plusieurs centaines de mètres de hauteur, dévorant un morceau du ciel dans lequel trône l'immense et intense croissant de Jupiter. Si Io détient le record du corps le plus actif de tout le Système solaire, c'est à cause de la planète géante. Soumis à la gravité colossale de celle-ci, il subit de puissants effets de marée, accentués par l'influence d'Europe et de Ganymède. Ces deux autres satellites galiléens l'ont en effet emprisonné en résonance. Un ballet forcé qui étire son orbite et la rend légèrement elliptique. À chacun de ses passages au plus près, puis au plus loin de Jupiter, Io voit sa surface alternativement s'élever et s'abaisser de 70 m. Sur Terre, la différence entre marée haute et basse n'est au maximum que

de 18 m, et les océans se chargent d'absorber le choc. Puisqu'elle ne peut pas onduler comme de l'eau, la surface solide de Io se fracture sous la contrainte, transférant de l'énergie aux entrailles. Ainsi malaxées, les roches souterraines s'échauffent jusqu'à entrer en fusion.

Des centaines de points chauds

Vous vous souvenez qu'à une époque, les scientifiques envisageaient l'existence d'un océan global de lave sous la surface. Mais les données de Galileo, confirmées par celles de la sonde Juno, suggèrent plutôt un sous-sol hétérogène constitué d'environ 30 % de lave fondue. Quels que soient les secrets de son feu interne, Io dissipe chaque seconde 100 térawatts de chaleur quand la Terre, bien plus opulente, n'en libère que 40 TW. Résultat : le petit corps flamboie. De ses centaines de points chauds, si brillants qu'ils sont visibles au télescope depuis la Terre, jaillissent non seulement des rivières de lave, mais aussi toutes les saveurs possibles de volcans : effusifs, explosifs, en rideaux, en forme de fontaines... Vous avez si souvent rêvé devant les images incroyables de ces éruptions. L'une des sondes Voyager, puis Galileo ont par exemple immortalisé un panache de 300 km d'altitude émanant du puissant Pelé Patera. En 2007, alors qu'elle était en route vers Pluton, la sonde New Horizons a quant à elle photographié une gerbe volcanique s'élevant plus haut encore, à 330 km au-dessus de Tvashtar Patera, près du pôle Nord. C'est à ce jour la plus grande éruption connue de tout le Système solaire.

Vous aviez d'ailleurs demandé à visiter le désormais mythique Tvashtar, mais cela vous a été refusé. Trop risqué. Pas de regrets : Hi'Taka vaut déjà le voyage. Par sa bouillonnante activité, mais aussi parce qu'elle se trouve à seulement 20 km d'Hi'Iaka Montes, sans doute la montagne la plus spectaculaire de Io. On l'a surnommée Steeple Mountain : la montagne clocher. Par-delà le lac de lave, elle découpe sur l'horizon sa silhouette de cathédrale. Haute de 5 à 6 km, elle est sculptée de reliefs abrupts et de falaises. Normal, elle n'est autre qu'un morceau de croûte qui s'est soulevée le long d'une faille sous la contrainte gravitationnelle.

Un dernier regard vers Jupiter, la tortionnaire. Il vous semble distinguer un ovale bleuté au-dessus de son pôle Nord. Des aurores. Vous souriez : elles sont engendrées par le volcanisme dont vous êtes le témoin privilégié. Le monumental champ magnétique que Jupiter déploie autour d'elle arrache des particules aux gaz qui s'échappent des éruptions de Io. Ce faisant, il crée autour du satellite des nuées de plasma qui, en suivant les lignes de champs magnétiques et en interagissant avec l'atmosphère de la géante, allument des aurores. À cause de ce plasma enveloppant, constitué de particules hautement énergétiques, la surface de Io figure parmi des lieux les plus irradiés du Système solaire. Il est temps de quitter cet enfer sublime. ☞

(1) Le latin *patera* désigne une coupe très évasée. En planétologie, ce terme qualifie les édifices volcaniques.

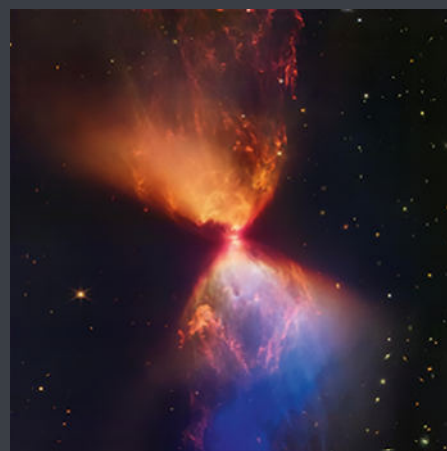
Remerciements à Gabriel Tobie, planétologue à l'université de Nantes.



1 / Nébuleuse de l'Anneau M57



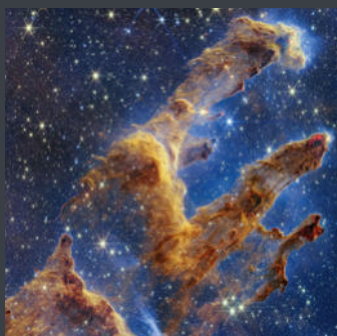
2 / Champ profond du JWST



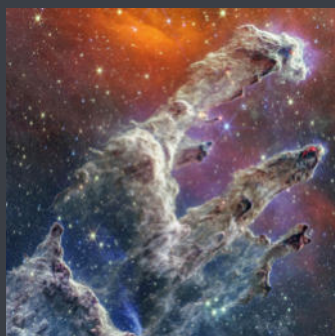
3 / Étoile L1527



4 / Piliers de la Création (MIRI)



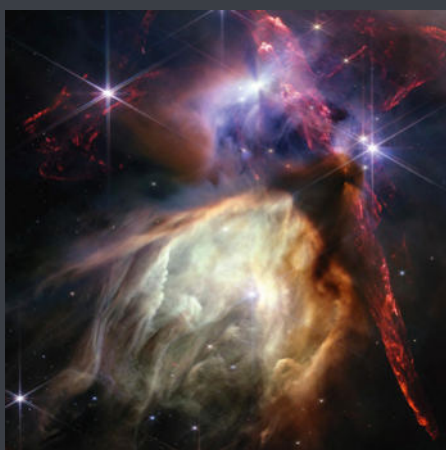
5 / Piliers de la Création (NIRCam)



6 / Piliers de la Création (NIRCam/MIRI)



7 / Nébuleuse de l'Anneau austral



8 / Rhô Ophiuchi



9 / Quintette de Stephan



10 / Barre d'Orion



11 / IC 5332



12 / IC 2631



13 / Herbig-Haro 211



14 / Herbig-Haro 46/47



BON DE COMMANDE à retourner accompagné de son règlement, à
GALLERY ASTRO - AFA 17, rue Émile-Deutsch-de-la-Meurthe 75014 Paris - 01 45 89 81 44

509330

* impressions souples, directes ou contrecollées sur une plaque d'aluminium de 1 mm ou de dibon avec au dos des barres d'accrochage pour une fixation parfaite.

VOYAGEZ DANS LE TEMPS PENDANT LES NUITS DE L'ÉQUINOXE 2026

Guillaume Langin

Le printemps revient, les Nuits de l'équinoxe aussi ! La deuxième édition de ce festival inauguré en 2025 par l'Association française d'astronomie (AFA) se tiendra partout en France les 20, 21 et 22 mars 2026. Rendez-vous dans l'un des nombreux clubs et associations d'astronomie du pays pour contempler la voûte étoilée et... effectuer un voyage dans le temps !

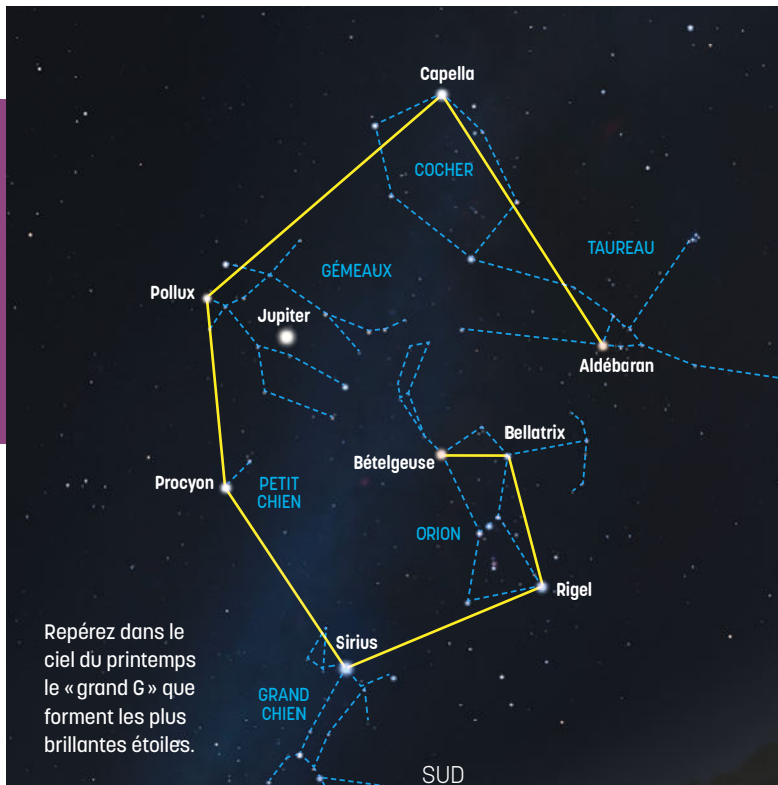
Le temps que met la lumière issue des étoiles à parvenir jusqu'à nos rétines excède bien souvent la durée d'une vie humaine. Mais pas toujours !

En vous réunissant en début de nuit sous le ciel du printemps, vous découvrirez que les étoiles qui dessinent un grand « G » dans la direction du sud-ouest ne sont pas si lointaines. La première, Aldébaran, est située à 65 années-lumière (ou a.-l.). Autrement dit, la lumière qu'elle diffuse met 65 ans à nous atteindre. Capella se trouve à 42 a.-l., Castor à 52 a.-l., Pollux à 34 a.-l., Procyon à 11 a.-l., Sirius à 8 a.-l., etc. Réunis sous un même ciel, petits et grands peuvent ainsi s'amuser à trouver l'étoile qui correspond à leur âge. Et contempler les lueurs qui ont quitté l'astre le jour de leur naissance !

Le « grand G » sur une carte

Pour vous aider dans votre exploration, l'AFA et *Ciel & espace* vous offrent la carte des Nuits de l'équinoxe à la fin de ce magazine. Le « grand G » y est représenté. Ainsi que Jupiter, qui brillera dans la constellation des Gémeaux. « L'observer dans de simples jumelles permet de voir ses quatre lunes galiléennes, et la façon dont elles tournent autour de la planète géante », invite Loïc Rossi, chargé de projets à l'AFA. Au fil des nuits, amusez-vous à reconnaître les positions respectives de Io, Europe, Ganymède et Callisto comme indiqué sur notre carte. Mais avant cela, pensez à contempler l'horizon ouest au couchant. La planète Vénus, accompagnée d'un très fin croissant de Lune, ouvre en beauté chacune des Nuits de l'équinoxe.

Chacun peut trouver l'étoile qui correspond à son année de naissance !



Sur son site internet, l'AFA propose des ressources culturelles en lien avec l'évènement, ainsi qu'un programme de veillée aux étoiles pour guider tout un chacun dans ses observations du ciel. Lors de la première édition, les Nuits de l'équinoxe avaient donné lieu à 215 manifestations dans tout le pays. « *Nous invitons le public, les clubs et les associations d'astronomie à se joindre à cette belle fête, confiants que la participation du printemps 2025 sera réitérée, et même dépassée !* » se réjouit Loïc Rossi.



Trouvez une animation près de chez soi :

www.afastronomie.fr/manifestations, onglet « Nuits de l'équinoxe »

DEVENIR « MONTREUR D'ÉCLIPSE » GRÂCE À L'AFA

Montreur d'éclipse, un métier qui recrute. Et un métier qualifié ! L'AFA a élaboré une formation d'une journée destinée aux animateurs et aux animatrices qui seront amenés à faire observer au public l'éclipse de Soleil du 12 août 2026. Totale en Espagne, cette rencontre entre la Lune et le Soleil sera aussi visible partout en France et dans les pays voisins. Notre étoile disparaîtra à plus de 89 % dans l'Hexagone. Et même jusqu'à 99,7 % dans les Pyrénées-Atlantiques ! « *De nombreux médiateurs scientifiques passionnés franchiront les Pyrénées pour aller voir l'éclipse totale, prédit Éric Piednoël, directeur de l'AFA. C'est pourquoi nous proposons cette formation à celles et ceux qui seront au contact du public cet été en France.* » Dans les centres de loisirs et les villages-vacances, auprès des offices de tourisme et des guides de montagne... Tout le monde

souhaitera profiter de ce spectacle céleste rare en toute sécurité, sans s'abîmer les yeux. Mais ils voudront aussi recevoir des explications éclairées quant au phénomène qu'ils observent. La formation « montreur d'éclipse » le garantit, en se basant sur un référentiel de formation spécialisé et complet. Les structures qui désirent en bénéficier sont invitées à prendre contact avec l'AFA et son réseau d'écoles d'astronomie et de centres de formation.

Durée de la formation : une journée
Informations et lunettes de protection sur www.eclipseinfo.fr



STAGES ET FORMATIONS À L'OBSERVATION ASTRONOMIQUE

1^{re} ÉTOILE ★

Le **7** février à Paris (75), à Fontaine-sous-Jouy (27) et à Poitiers (86)
Le **14** février à Paris (75)
Le **21** février à Dijon (21) et à Latrape (31)
Le **28** février à Vaulx-en-Velin (69) et à Aillon-Le-Jeune (73) et à Buthiers (77)
Le **7** mars à Fontaine-sous-Jouy (27), à Rouvroy-les-Merles (60), à Evires (74) et à Paris (75)
Le **14** mars à Paris (75) et à Triel-sur-Seine (78)
Le **21** mars à Dijon (21) et à Aillon-Le-Jeune (73)

2^e ÉTOILE ★★

Le **7** février à Buthiers (77)
Le **22** février à Latrape (31)
Le **14** mars à Vaulx-en-Velin (69)

FORMATION 1^{re} ÉTOILE ★ OU 2^e ÉTOILE ★★

Le **14** mars à Laval (53)

3^e ÉTOILE ★★★

Le **13** mars à Buthiers (77)
Du **14** au **15** mars à Dijon (21)



Découvrez tous les autres stages 1, 2, 3 étoiles sur www.afastronomie.fr/les-stages-1-2-3-etoiles

VOUS AVEZ ADORÉ EXPLOR'ESPACE 2025 !

Les 7, 8 et 9 novembre 2025, la troisième édition du festival immersif et interactif Explor'espace a connu un succès retentissant. Plus de 13 500 visiteurs se sont passionnés pour l'espace au Beffroi de Montrouge. Un record ! Retour en images sur cette grande fête, pensée et organisée tous les deux ans par l'Association française d'astronomie.

Guillaume Langin



© G. Pinon



© C. Freyssinart / E. Martin/C&E

Des dizaines de conférences données par les meilleurs spécialistes dans leur domaine respectif ont su ravir les personnes en quête de réponses à leurs questionnements astrophysiques.



© Grande Ourse planétarium / J.-L. Dauvergne/C&E

Les astronautes Philippe Perrin et Jean-François Clervoy ont compté parmi les invités de marque d'Explor'espace 2025. Leurs témoignages des missions spatiales qu'ils ont vécues à bord de la navette spatiale ont passionné le public.

Grâce aux généreux donateurs à Explor'espace, 17 classes d'élèves éloignés des sciences sont venus découvrir l'astronomie et l'espace pendant le premier jour du festival... En découvrant de vraies combinaisons spatiales, les jeunes pousses sont reparties des étoiles plein les yeux !



La boutique de *Ciel & espace* a ouvert ses portes pendant tout le festival afin de présenter au public ses magazines, cartes du ciel et accessoires pour les mordus d'espace.



© C. Gagneux

Plusieurs chasseurs de météorites ont présenté leurs pierres venues de l'espace. Il était même possible de toucher des fragments issus de la Lune et de Mars !



© C. Gagneux



© G. Pinon

Des centaines de personnes ont revêtu un instant des combinaisons d'astronautes pour embarquer au cœur du film de décollage de fusée, shooté par les caméras de cinéma de la société de production Duck Factory.

Plasmas, champs magnétiques, planètes... Explor'espace est à l'occasion pour les petits et grands de s'immerger dans des dizaines d'expériences de laboratoires pour comprendre les grandes lois de la physique.



© J.-L. Dauvergne/CS&E



© G. Pinon

PRÉSENTEZ VOS TRAVAUX AUX RCE 2026

La 15^e édition des Rencontres du ciel et de l'espace (RCE) se tiendra à Paris les 13, 14 et 15 novembre 2026. Comme tous les deux ans, vous pouvez y présenter une facette de votre pratique de l'astronomie à un public de passionnés. Pour devenir orateur, inscrivez-vous sans attendre sur le site de l'AFA. Ces « forums

techniques » des RCE accueilleront une centaine d'interventions de 40 minutes, consacrées à la photographie, la spectroscopie, des instruments particuliers, des projets de science participative, etc.

Formulaire d'inscription : afastronomie.fr/contribuer-aux-forums-techniques

NOS VOYAGES

CHILI, VOYAGE ASTRONOMIQUE DANS L'ATACAMA

du 2 au 13 octobre 2026 - 6231 €



TOSCANE SUR LES TRACES DE GALILÉE

du 11 au 16 octobre 2026, 2079 €



ÉGYPTE 2027 CROISIÈRE ASTRO-PLONGÉE

du 31 juillet au 7 août - 2 950 €



Tous nos prochains voyages :

www.afastronomie.fr, rubrique "Voyager"

LES HYADES, UN AMAS TRÈS PROCHE ET ENCORE PLEIN DE SECRETS

Aisément visible à l'œil nu, le plus proche de tous les amas d'étoiles cache un mystère. Les Hyades se désagrègent sous l'effet de forces inconnues. Chacun peut l'observer et assister à une scène qu'a connue le Soleil voici plus de 4,5 milliards d'années.

Philippe Henarejos

L'amas des Hyades est à part. Dans la liste des objets célestes iconiques, il est probablement le seul à pouvoir être photographié en détail sans télescope. Même la galaxie d'Andromède M 31 ou l'amas voisin des Pléiades M 45, tout comme lui visibles à l'œil nu, ressortent magnifiés par des images prises au foyer d'un instrument d'astronomie. C'est que ce groupe encore relativement compact de 400 étoiles est le plus proche du Système solaire et qu'il occupe sur la voûte céleste un diamètre apparent de plus de 5°. Autrement dit, c'est la place que prendraient plus de dix Pleines Lunes côte à côte ! Les meilleures images sont donc réalisées avec des appareils photo dotés d'objectifs à focale relativement courte.

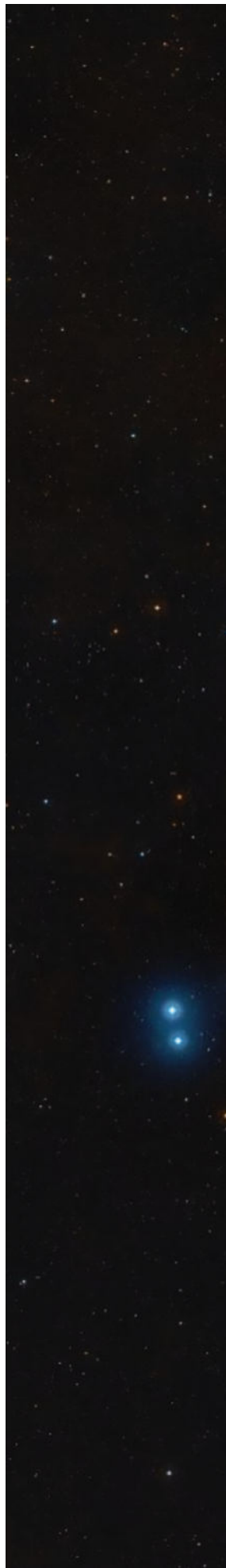
Même s'il n'est mentionné pour la première fois qu'au VIII^e siècle av. J.-C., l'amas des Hyades attirait sans nul doute l'œil de nos ancêtres dès la préhistoire. La constellation à laquelle il appartient, le Taureau, a été créée en Mésopotamie et il est probable qu'elle ait été nommée environ 4 000 ans avant notre ère. Son repérage est en effet facilité par Aldébaran, la 13^e étoile la plus brillante de tout le ciel, qui siège en bordure de l'amas et qui contribue à dessiner le V si caractéristique des

Hyades. Mais Aldébaran ne fait pas partie de l'amas. Située à 66 années-lumière, la géante rouge est presque à mi-chemin entre nous et l'amas, distant de 153 années-lumière.

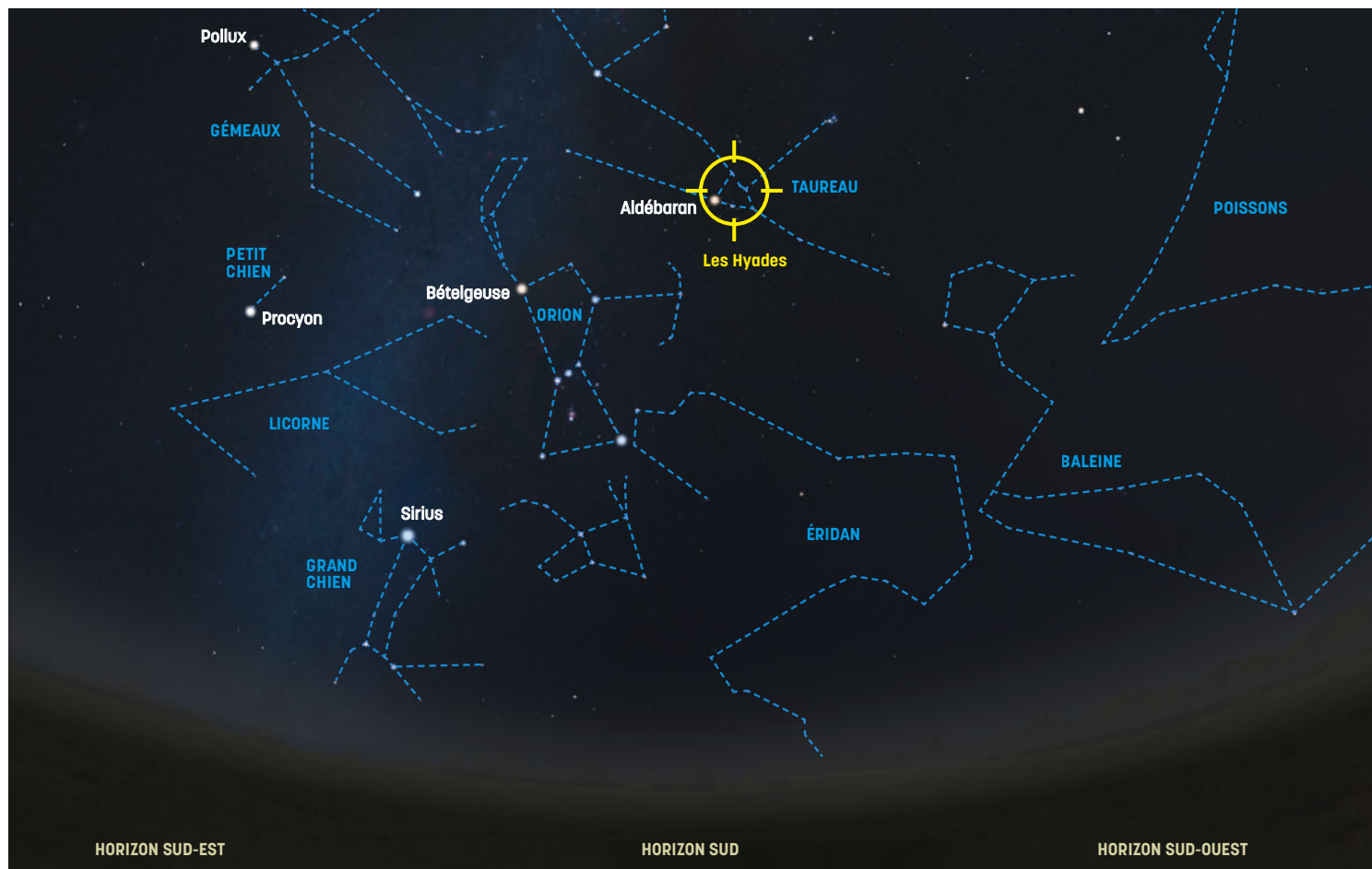
Au milieu du XX^e siècle, les astronomes savaient déjà que les étoiles du V, excepté Aldébaran, groupées dans un volume de 8 années-lumière de côté, dérivait à une vitesse voisine de 40 km/s en direction d'un point localisé à quelques degrés à l'est de Bételgeuse. Ce mouvement commun confirme bien que ces étoiles, plus des centaines d'autres bien plus faibles réparties dans un halo de 60 années-lumière de diamètre, appartiennent à un même ensemble. D'ailleurs, le point virtuel situé à côté de Bételgeuse peut être considéré comme un véritable point de fuite. En effet, les Hyades ne font pas que dériver latéralement ; elles s'éloignent aussi... Si bien que dans 50 millions d'années, elles devraient ne plus avoir qu'un diamètre apparent de moins de 0,5° !

Mais ce n'est pas tout. En 2021, la vitesse et la direction de chacune des étoiles ont été précisées grâce au satellite astrométrique Gaia. Et cela a conduit à une découverte : l'amas visible à l'œil nu n'est en réalité que le cœur d'une association stellaire bien plus vaste en cours de dispersion

Les principales étoiles des Hyades se repèrent sans difficulté à l'œil nu grâce au grand V qu'elles dessinent !
Des jumelles suffisent pour admirer cet amas situé à un peu plus de 150 années-lumière. @ Wikisky







Dans le ciel de l'hiver ou du début du printemps, les Hyades sont très faciles à repérer en première partie de nuit. Il vous suffit de trouver Aldébaran, étoile très brillante à la coloration orangée, située en haut à droite de la constellation d'Orion. Le tout, au-dessus de l'horizon sud.

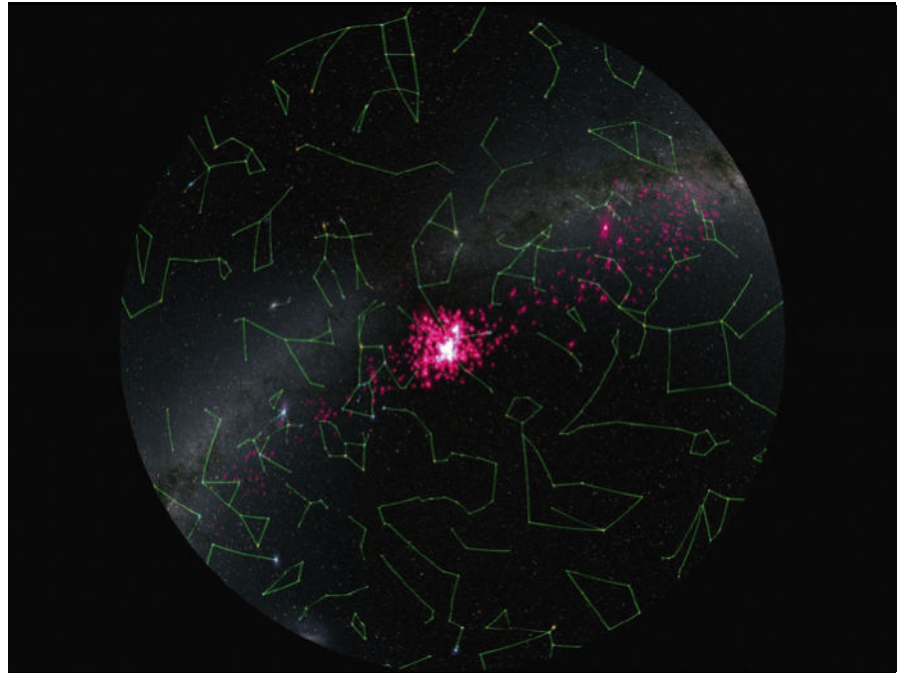


plus rapide que prévu. Bien sûr, on savait que les Hyades, comme tout amas ouvert, avaient vocation à s'étendre dans la Voie lactée jusqu'à ce que chacune de ses étoiles suive sa propre trajectoire indépendamment des autres. En effet, par le jeu des forces gravitationnelles de chacune des étoiles, celles-ci finissent par s'écarter les unes des autres, puis par s'étendre en une sorte de file indienne, comme un peloton de cyclistes sur la route.

Peloton vraiment très étiré

Les forces de marées de la Galaxie accompagnent ensuite ce mouvement jusqu'à la dispersion totale. Or, en mesurant les mouvements d'étoiles qui ont quitté le cœur de l'amas, voici 600 à 700 millions d'années, Gaia a permis de découvrir d'anciennes étoiles de l'amas à des milliers d'années-lumière de son cœur : le peloton est vraiment très étiré ! Fait plus étrange encore, de nombreuses étoiles manquent dans cette file indienne longue de plus de 2 600 années-lumière. Des simulations numériques ont permis d'aboutir à une conclusion étonnante : le phénomène ne peut résulter que de la rencontre avec un amas de matière de 10 millions de masses solaires. Par exemple, un petit amas stellaire, ou un nuage de gaz... Sauf qu'à ce jour, aucun candidat n'a été trouvé dans les parages. Au point qu'une autre hypothèse voit le jour : les Hyades auraient-elles croisé la route d'un amas de matière noire ?

En remontant à l'envers la trajectoire des étoiles des Hyades, les astronomes ont constaté qu'elles provenaient de la même région qu'un autre amas, celui de la Crèche (alias M 44), situé dans le Cancer. De fait, les deux amas ont le même âge : plus de 600 millions d'années. Localisés dans une région assez éloignée du centre de la Galaxie, ils mettent plus de temps à se disperser que bien d'autres amas davantage soumis aux forces de marées. Il est aussi probable que les Hyades étaient à l'origine un plus gros amas, dont la masse atteignait 800 à 1 600 fois celle du Soleil, contre seulement 400 aujourd'hui. Les étoiles restantes sont en majorité assez massives : entre 1 et 2,5 masses solaires. Or, compte tenu de son âge assez avancé, l'amas devrait abriter de nombreuses naines rouges. Ce déficit persiste malgré les recherches les plus récentes. Les spécialistes estiment donc que les étoiles de petite masse de l'amas ont été éjectées quand celui-ci a fait sa rencontre avec le mystérieux « grumeau » de matière qui a



accélééré sa dispersion. L'une des conséquences est que les étoiles restant dans les Hyades sont en bonne proportion des binaires. Un quart des astres les moins massifs sont doubles. Cette fraction atteint 87 % pour les plus massifs.

Un voyage de 250 millions d'années

Nul besoin d'un grand télescope pour plonger dans la myriade d'étoiles des Hyades. L'œil nu procure déjà un bel aperçu. Parmi ces astres aisément discernables, Epsilon Tauri, qui matérialise le bout du V opposé à Aldébaran, est accompagné d'une planète 7 fois plus massive que Jupiter, découverte en 2007. Située à 146 années-lumière, il s'agit de la première planète trouvée autour d'une étoile faisant partie d'un amas ouvert. Celle-ci boucle son orbite en 585 jours (soit 1,6 an) le long d'une orbite assez excentrique, très différente de celles connues dans le Système solaire. Si vous en avez la possibilité, jetez un coup d'œil sur les Hyades à l'aide de jumelles : d'autres étoiles apparaissent. Laissez-vous porter par cette vision et songez que ces dizaines d'astres commencent leur long voyage à travers la Voie lactée. Tout comme le Soleil voici 4,5 milliards d'années, ils prennent leur indépendance. Et comme lui, ils mettront plus de 250 millions d'années à accomplir un tour de la Galaxie. ☾

Les étoiles des Hyades sont représentées en rose sur cette carte. Elles s'étendent sur une bonne partie de la voûte céleste. Leur dispersion a été accélérée par la rencontre avec un « grumeau » de matière assez massif, de nature encore inconnue.
@ ESA/Gaia/DPAC

M 42, LE GRAND OISEAU D'ORION

Chaque nuit claire d'hiver nous offre une superbe toile céleste à contempler : la nébuleuse d'Orion. Mais prend-on vraiment le temps de l'admirer en détail ? Amateurs débutants ou confirmés, nous vous proposons de redécouvrir Messier 42.

Emmanuel Beaudoin



La nébuleuse d'Orion M 42,
photographiée avec le
téléscope spatial Hubble.

@ Nasa/ESA

La grande nébuleuse d'Orion, 42^e objet du catalogue de Messier, est accessible à tous. On la voit à l'œil nu, même dans un ciel urbain. Ce vaste complexe de formation d'étoiles distant de 1 400 années-lumière mérite qu'on s'y attarde, y compris avec de puissants télescopes.

Les étoiles du Trapèze

Le cœur de la nébuleuse d'Orion est illuminé par un jeune système stellaire multiple, appelé Thêta 1 Orionis. Il est constitué d'astres très chauds, de type O et B, dont l'âge est inférieur à un million d'années. On dénombre au moins quatorze composantes. Il s'agit donc d'un véritable petit amas ouvert. On nomme ce système le Trapèze, en référence aux quatre étoiles les plus brillantes, disposées de la sorte. Le système Thêta 1 est lui-même lié physiquement à un système triple situé juste à l'est de la région de Huygens, Thêta 2.

Observation

Dans une petite lunette de 50 mm, les étoiles du Trapèze constituent un magnifique système quadruple au centre de la nébuleuse d'Orion, dès 50 fois de grossissement. La différence d'éclat entre ces astres est marquée : l'étoile C est la plus brillante (magnitude visuelle 5,1), suivie de A et de D (M_v 6,7 toutes les deux), puis de B (M_v 7,9). Les étoiles A et B sont toutes les deux des binaires à éclipse. L'éclat de A chute d'une magnitude lorsque sa compagne invisible passe devant elle. Pour l'étoile B, la baisse est de 0,6 magnitude.

Les deux composantes suivantes, par ordre de luminosité, sont E et F. Ces étoiles sont de magnitude un peu supérieure à 10. Elles sont situées à seulement 3" d'arc des étoiles A et C, respectivement. Quand la turbulence est faible, l'étoile E est visible dans une lunette de 100 mm de diamètre, tandis que la composante F peut être devinée à la limite de la détection. Une amplification de 150 à 200 fois est nécessaire. Les six étoiles principales du Trapèze deviennent parfaitement séparées et définies dans un télescope de 200 mm d'ouverture, toujours par faible turbulence, bien entendu.

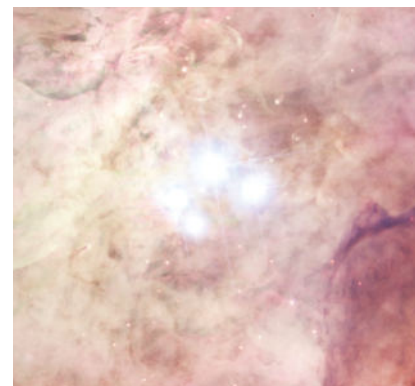
Le cœur brillant de la nébuleuse

La zone de gaz au cœur de M 42 est la plus lumineuse et contrastée du ciel. Elle a été dénommée région de Huygens par l'astronome William Herschel, en hommage à celui qui, le premier, dessina en détail la nébuleuse. Cette région est fortement irradiée par les étoiles du Trapèze. Malgré tout, des étoiles naissent encore dans ce nuage ionisé. Le télescope spatial Hubble a mis en évidence quelque 180 nuages protoplanétaires, ou *proplyds*. Le développement de ces systèmes solaires en devenir risque toutefois d'être compromis du fait des radiations et, surtout, de l'explosion des étoiles du Trapèze en supernovas d'ici à quelques millions d'années.



La nébuleuse d'Orion est repérable à l'œil nu sous les trois étoiles qui matérialisent la ceinture du célèbre chasseur.

Ci-dessous à droite, un zoom au centre de la partie la plus brillante de la nébuleuse, sur un petit amas d'étoiles appelé le Trapèze.



Observation

La région de Huygens est lumineuse et d'éclat homogène dans une lunette de 60 mm. Une large bande de poussière s'enfonce de biais dans sa partie nord. La bordure sud, marquant la transition avec le reste de la nébuleuse, est plus diffuse. Un télescope de 150 mm de diamètre révèle l'aspect moutonneux de cette zone, bien délimitée et de forme trapézoïdale. La marque d'absorption, d'aspect conique, tranche par son noir profond. À grande ouverture, le cœur de M 42 est l'un des plus beaux spectacles du ciel. Des nuages lumineux s'y amoncellent dans une indescriptible complexité. Dans un télescope de 350 mm, une dizaine de minuscules têtes d'épingle brillent en plus des étoiles du Trapèze : certaines sont les proplyds, de jeunes étoiles encore entourées de nuages de gaz et de poussière [voir photo p. 111]. Deux de ces objets se trouvent juste à l'est du Trapèze.



La coloration émeraude de M 42 apparaît même dans un télescope modeste. Sur l'image ci-dessus, centrée sur la région de Huygens et sur le Trapèze, on devine en outre une teinte rougeâtre sur le bord. Celle-ci nécessite un télescope de plus de 350 mm sous un bon ciel pour devenir perceptible. **DR**

La nébuleuse d'Orion est aisément discernable aux jumelles (ci-dessous à gauche). Sa forme devient évidente dans une petite lunette et des extensions gazeuses sont visibles (à droite). @ P. Henarejos / SAPLimoges



La couleur émeraude

Grâce à sa luminosité et son contraste exceptionnels, Messier 42 est la seule nébuleuse diffuse à dévoiler sa couleur dans les petits télescopes. C'est le vert de l'oxygène ionisé, auquel notre œil est plus sensible la nuit, qui prédomine. On parle de raies interdites, car les conditions d'ionisation de l'oxygène ne se retrouvent pas naturellement sur Terre. La couleur rouge de l'hydrogène ionisé prime sur les photographies des nébuleuses. Mais elle est à peu près invisible à l'œil, qui est quasiment aveugle à cette couleur la nuit. Pourtant, un télescope d'amateur puissant permet de deviner des nuances de roses dans le cœur de M 42... Un cas unique dans le bestiaire des nébuleuses diffuses, et une expérience inoubliable.

Observation

La couleur émeraude de M 42 apparaît déjà dans des jumelles lumineuses, de type 15x70 par exemple. Dans une lunette de 60 mm, cette teinte est surtout notable dans la région de Huygens. À une telle ouverture, la quantité de détails augmente quand on accroît l'amplification, mais le gaz devient grisé. Dans un instrument de plus de 100 mm de diamètre, la nébuleuse est intégralement verte aux plus faibles amplifications, même en pleine ville. La couleur de la région centrale demeure, même à fort grossissement, plus glauque, mais tout aussi spectaculaire. Dans un gros télescope de 350 ou 400 mm de diamètre, la région centrale est d'un vert intense. Une teinte rosée est perceptible en bordure de cette zone, à la frontière est. Elle est à rechercher en augmentant un peu le grossissement et n'apparaît pas de manière systématique. La pureté du ciel, de même que la physiologie de l'observateur, semble jouer un grand rôle.

Les extensions de gaz

Sur les photographies, la nébuleuse d'Orion déploie ses volutes loin vers le sud. Le gaz et la poussière ont sculpté deux grandes ailes d'oiseau, qui se referment en une vaste boucle de 1° de diamètre. Ces régions de gaz sont observables seulement dans un ciel noir cette fois. Elles s'étendent jusqu'à l'étoile Hatysa, bien visible à l'œil nu (magnitude 2,8). Notons que les frontières du nuage de gaz ne s'arrêtent pas là : la nébuleuse d'Orion est la partie la plus lumineuse d'un gigantesque complexe de gaz et de poussières situé à 1 400 années-lumière de la Terre. Observé en ondes radio, celui-ci s'étend à travers toute la constellation d'Orion !

Observation

La nébuleuse d'Orion est visible à l'œil nu, mais ses limites sont difficiles à appréhender. La vision se précise dans des jumelles 7 × 50. La forme de M 42 est reconnaissable, les deux extensions sont perceptibles. La nébuleuse apparaît en



Sur cette image d'amateur très détaillée, plusieurs proplydes, qui sont de jeunes étoiles entourées d'un nuage de gaz et de poussière, sont visibles. Un télescope d'au moins 350 mm de diamètre est nécessaire pour espérer les apercevoir visuellement. @ S. Gonzales

miniature, on ne dirait pas que sa surface équivaut à celle de 4 Pleines Lunes. Le champ est magnifique, agrémenté des nombreuses étoiles brillantes de « l'épée » du chasseur, au nord et au sud de la nébuleuse. Dans un instrument de 100 mm d'ouverture, on note une différence entre les deux extensions, l'aile est de l'oiseau étant la plus lumineuse et la mieux définie. Vers le sud, la nébuleuse se perd progressivement dans le fond du ciel. M 43 apparaît au nord dans le même champ, comme

un petit nuage circulaire centré sur une étoile de magnitude 7,5. L'extension est de M 42 devient spectaculaire dans des télescopes de 200 mm et davantage. Elle ressemble alors à une machette aiguisée. Les contours de l'extension ouest sont plus diffus. En revanche, sa surface présente des irrégularités de luminosité, notamment une zone plus brillante au sud-ouest. Enfin, de petits nuages lumineux sont visibles au large de la frontière nord. ☾

À CHAQUE GROSSISSEMENT, UN NOUVEAU VISAGE

La nébuleuse M 42 dévoile des détails différents selon le grossissement. Un grossissement faible — le quart du diamètre de votre télescope, soit 25x pour un T100 — permet de rechercher

les régions les plus externes et de distinguer au mieux la couleur des régions brillantes. Un grossissement moyen (la moitié du diamètre) offre davantage de détails, notamment

dans les extensions gazeuses. Avec un grossissement égal au diamètre, vous pouvez vous concentrer sur le foisonnement de la zone centrale, ainsi que sur les étoiles du Trapèze.

SEVUNSCOPE PLAN CORE 250 F/4

L'INNOVATION DU TÉLESCOPE MODULABLE

Conçu pour accompagner l'astronome dans sa progression, le télescope modulaire de Sevun mise sur la transportabilité et l'adaptabilité. Nous l'avons évalué sur le terrain pour voir si ce concept inédit tient ses promesses.

Jean-Luc Dauvergne

En 2023, Damien Roy et Paul Gheno lancent un financement participatif pour créer un télescope d'un nouveau type. L'idée est de permettre de monter en diamètre avec le temps sans changer la totalité de l'instrument. Au cœur du concept, un rail sert de banc optique sur lequel on fixe divers modules. Leur Sevunscope est conçu et assemblé en

Gironde dans une démarche écoresponsable. Certaines de ses pièces viennent d'Asie, c'est inévitable, mais beaucoup sont réalisées localement avec une part notable d'impression 3D. Le télescope est pensé pour être facilement réparable. Autre innovation : Sevun prévoit de donner accès au matériel en location avec une éventuelle option d'achat au



Des tendeurs permettent de tenir la jupe en tissu sous le télescope si l'on souhaite fermer le tube.



À l'arrière du miroir, on voit le barillet doté de trois points pour supporter le miroir de 250 mm.



SEVUNSCOPE PLAN CORE 250 F/4

Diamètre : 250 mm (diamètre utile 246 mm)

Diamètre du miroir secondaire : 74 mm (30 % d'obstruction)

Focale : 1000 mm

Magnitude limite : 14

Poids du Plan Core : 3,3 kg

Longueur du plan Core : 900 mm

Poids : 11,7 kg

Prix du Plan Core : 1899 € avec module 250 mm nu d'optique ; 2699 € avec module 250 f/4.

bout d'un certain temps. Une telle offre nous semble une idée intéressante pour démocratiser l'astronomie. Le service n'est pas encore disponible. En revanche, le Sevunscope prend forme et nous avons reçu à *Ciel & espace* un exemplaire de présérie, avant sa mise sur le marché. C'est donc un cas un peu inhabituel dans cette rubrique ; l'instrument testé ici présente encore quelques défauts à corriger. Notre essai sur le terrain a d'ailleurs fait émerger plusieurs points que Sevun s'est engagé à rectifier sur la version commerciale.

Comme dans beaucoup de start-up, le foisonnement d'idées initial s'est confronté à la dure réalité d'une production industrielle. Les deux entrepreneurs ont envisagé un temps de créer leur propre monture azimutale, mais cette idée est pour le moment mise de côté. Il est difficile de concurrencer l'offre existante.

Nous avons pris connaissance du projet en 2022 aux Rencontres du ciel et de l'espace. Sa modularité nous a semblé alors être l'aspect le plus intéressant. Il est possible, par exemple, de changer de miroir secondaire en choisissant un modèle plus ou moins large selon que l'on observe le ciel profond ou les planètes. Mieux, sur une suggestion que nous avons soumise à Sevun, la configuration de l'araignée est modifiable. Elle a quatre branches par défaut, mais on peut la passer à trois branches pour l'observation planétaire. Sur les planètes, l'araignée diffuse une partie de la lumière et fait légèrement perdre en contraste. En diffusant la lumière dans six directions au lieu de quatre, la luminosité de chaque aigrette est quasi divisée par deux. Le fond de ciel autour de la planète devient bien plus sombre. Autre point à noter : l'architecture avec un tube ouvert est intéressante pour la mise en température du télescope, et donc pour les observations à haute résolution sur les cibles lumineuses du Système solaire.

Côté optique, Sevun fournit par défaut des miroirs fabriqués à Taïwan par GSO, mais proposera aussi des miroirs d'artisan, probablement de Romano Zen, un opticien réputé de Venise. Il est également envisageable d'acheter le télescope sans optique pour y placer son propre miroir. Sevun se lance avec trois diamètres : 150, 200 et 250 mm, et de nombreuses déclinaisons de focales. Nous avons opté pour le 250 mm f/4. La base mécanique que nous avons testée est nommée Plan Core. On vient fixer dessus le module du miroir primaire et celui du miroir secondaire. Sevun propose aussi le Plan Advanced, avec un système de poutre télescopique. Cette dernière est indispensable pour les longues focales. Elle permet un plus grand espacement entre les miroirs pour les optiques de plus de 1000 mm de focale, à savoir le 150 f/8, le 200 f/6 et le 250 mm f/5. Le Plan Core est bien moins cher que le Plan Advanced, avec 1200 € de différence. Cette configuration nous semble donc préférable et permet d'utiliser toutes les autres combinaisons optiques : le 150 f/5, 150 f/6, le 200 f/4, le 200 f/5 et le 250 f/4.

Le Sevunscope a été évalué sur le banc optique d'Imagine Optic.



Le miroir secondaire de 74 mm du Sevunscope.



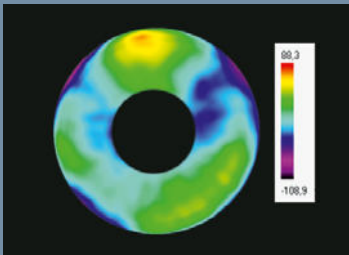
UNE ÉTOILE À LA LOUPE

Le premier anneau de diffraction est assez renforcé et montre un résidu d'astigmatisme avec des secteurs moins clairs. Le défaut est résiduel, il est sans gravité. Le rapport de Strehl est de 0,88 dans le vert (550 nm), c'est-à-dire qu'il y a une diffusion de 12 % de la lumière en dehors de la figure d'Airy centrale par rapport à un instrument parfait. Si l'on ajoute la lumière diffusée en raison de l'obstruction centrale du miroir secondaire, on obtient un rapport de 0,73. On est donc un peu en dessous de 0,8, la limite de diffraction d'un télescope de ce diamètre.



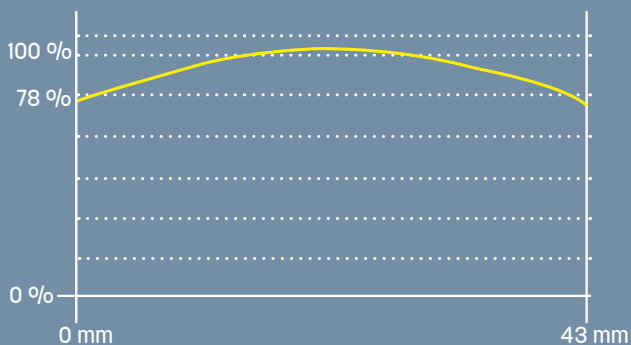
QUALITÉ OPTIQUE

Sur le banc optique, ce miroir montre écart type sur la surface de 30,8 nm RMS et une amplitude de 181,6 nm entre le défaut le plus haut et le plus bas. Soit à 550 nm une qualité de $\lambda/17,9$ RMS et $\lambda/3$ PTV. Des valeurs dans la bonne moyenne, typiques pour une optique GSO. La surface est plus vallonnée que ce que l'on aurait sur un miroir haut de gamme ou d'artisan.



VIGNETAGE

L'illumination du capteur est de 90 % à 28 mm de l'axe optique. On descend à 78 % dans les coins d'un capteur de Sony Alpha 7 III. Le miroir secondaire est donc assez grand pour envisager d'utiliser un capteur 24x36 mm.



Tube optique : facile à assembler

Les modules du miroir primaire et du miroir secondaire se fixent à la poutre par un système de queue d'aronde assurant une bonne rigidité. Démonté, l'ensemble est aisément transportable. Il est possible d'emporter le télescope pendant des vacances en famille en le couplant à une monture harmonique compacte. Une telle configuration peut aussi passer en bagage avion de moins de 30 kg.

Le montage des éléments sur le Plan Core est très facile. Un système de pince vissante permet de les positionner et de les bloquer. Sous l'instrument en version de présérie, nous avons une fixation en queue d'aronde développée pour le Plan Advanced ; une pièce lourde et épaisse, peu convaincante. Le but est d'éloigner la queue d'aronde, sinon elle buterait sur le système télescopique. Sous le Plan Core, il nous semble préférable d'opter pour une queue d'aronde directement vissée au plan. Pour le 250, prévoyez une queue d'aronde Losmandy. Le standard Vixen est trop léger.

Un tube ouvert est intéressant pour l'observation planétaire dans un environnement sec et sombre. La prise au vent est minime et les problèmes thermiques sont réduits. Il est cependant utile dans de nombreux cas de fermer le tube après la mise en température. C'est chose possible à l'aide d'une jupe en tissu noir. Pour la tenir, Sevun a conçu un astucieux système de barres télescopiques que l'on place tout autour de l'instrument. Par une nuit très humide, il arrive néanmoins aux Newton comme aux Cassegrain de voir leur miroir secondaire s'embuer. La solution est d'ajouter une résistance chauffante. On trouve quelques modèles adaptés aux miroirs secondaires, notamment chez Altair.

À l'inverse d'un Newton classique, il n'est pas possible de tourner le tube optique quand le porte-oculaire est mal placé (dirigé vers le sol ou trop haut). Sevun a donc prévu deux emplacements disposés à 120° par rapport au Plan Core. Le miroir secondaire doit être tourné pour passer d'une configuration à l'autre. À cet effet, son support est une pièce imprimée en 3D plutôt bien conçue : en desserrant simplement une vis derrière le miroir, on peut l'orienter sur la deuxième sortie. Un détrompeur permet de positionner le miroir de façon convenable. La collimation du télescope doit ensuite être refaite, aussi bien au niveau du miroir primaire que du secondaire. Une clé Allen est nécessaire pour régler ce dernier. On aurait apprécié un système avec des vis actionnables à la main, comme les Bob's Knobs par exemple. Changer le porte-oculaire de foyer se réalise sans problème, mais il est un peu rebutant de le faire dans le noir et le froid, et de devoir chercher un outil, etc.

Le fort tirage du porte-oculaire présente un atout. En allongeant la distance entre le module du miroir primaire et le module du miroir secondaire, on peut varier le tirage disponible et la

Un 250 mm offre un bon diamètre pour aborder l'observation du ciel profond, mais il y a fort intérêt à coupler le Sevunscope à un correcteur de coma

taille du champ de pleine lumière. Dernier point à noter, le miroir primaire fait 250 mm de diamètre, mais il y a un chanfrein sur le bord ; la partie aluminisée a un diamètre de 246 mm.

Ciel profond : son domaine de prédilection

Un 250 mm offre un bon diamètre pour aborder l'observation du ciel profond. Le problème de la coma se pose néanmoins sur un Newton ouvert à 4. Ce défaut optique est lié à la formule Newton. Il y a fort intérêt à coupler le télescope à un correcteur de coma, ou bien à un oculaire capable de la corriger tel que le Houdini 20 mm (c'est d'ailleurs une focale idéale sur un tel télescope, puisqu'elle offre une pupille de sortie de 5 mm). Nous avons réalisé nos tests avec un correcteur Paracorr et un oculaire de 21 mm doté de 100° de champ apparent, soit plus de 1,8° sur le ciel. On apprécie ainsi les Pléiades vues dans leur globalité, avec les nébuleuses bleues apparentes. Une autre cible étendue comme Orion se montre contrastée et lumineuse avec de belles nuances vertes. Sur cette même cible, il est intéressant de pousser le grossissement pour détailler le cœur de la nébuleuse.

Pour la photographie, on profite du débattement généreux du porte-oculaire de 9 cm. Il est ainsi possible d'utiliser de nombreux accessoires, comme un correcteur de champ, une roue à filtre ou un diviseur optique. Nous avons employé une caméra ZWO ASI294 dotée d'un capteur de 19x13 mm. Sur la nébuleuse d'AE Aurigae, le champ n'est pas homogène, les étoiles s'allongent sur un des bords. Le défaut disparaît sur la Tête de cheval. Cette variation est due au porte-oculaire. La pièce imprimée en 3D qui le tient fonctionnait bien au début de nos tests, mais les inserts des pas de vis ont bougé, ce qui a donné du jeu. Cette solution ne sera donc pas retenue sur les modèles de série et sera remplacée par un support métallique vissant. Malgré ce défaut, nous avons obtenu de bonnes images. Les deux cibles apparaissent directement sur les poses unitaires de 1 minute, ce qui montre l'efficacité d'un télescope ouvert à f/4. Sur la Tête de cheval, on est néanmoins gêné par des reflets parasites ; cette cible est difficile pour cette raison. L'étoile Alnitak, bien visible à l'œil nu, se trouve juste en bord de champ et forme un halo. On y reviendra.

Planètes : de belles images à 400x

Les télescopes ouverts à f/4 n'ont pas la réputation d'être adaptés à l'observation planétaire, notamment parce que le miroir secondaire est relativement grand et la focale très courte. Ce second point est résolu en s'équipant de lentilles



Cette vue de la nébuleuse de la Tête de cheval résulte de la combinaison de 26 poses de 1 minute.

de Barlow. Une 2x conviendra pour l'observation visuelle, et il faudra miser sur 5x en imagerie. En matière d'oculaire, il est intéressant de choisir un petit zoom, comme le Nagler 3-6 mm ou le Svbonny 3-8 mm, plus abordable. Ils permettent de trouver le meilleur grossissement en fonction de la turbulence

et, couplés à une Barlow 2x, de monter à 670x pour réaliser l'alignement optique. L'avantage d'un zoom est d'obtenir facilement la focale la plus adaptée selon la stabilité du ciel. Le 3-8 mm couplé à une Barlow 2x couvre une plage de 250x à 670x. On va sans aucun problème jusqu'à 333x (3 mm). Les images sont détaillées. On note de la diffusion autour de la planète sans doute en raison de l'obstruction de l'ordre de 30 % du miroir utilisé. La finesse des branches de l'araignée fait qu'elle diffuse assez peu en revanche.

Les anneaux de Saturne, vus presque par la tranche en novembre 2025, sont encore bien visibles. Ils forment une ligne sombre à l'avant-plan de la planète. Un SWA 13,8 mm offre une belle image de la Lune en entier à 72x. Avec un UWA de 4,7 mm, la vision reste large, mais commence à être bien détaillée. De nouveau comme en ciel profond, un reflet parasite

assez fort se manifeste sur certaines positions de la Lune dans le champ. Il s'agit d'un reflet dans le tube du porte-oculaire. Il mériterait d'être éliminé avec de la feutrine. C'est une amélioration facile à apporter par l'utilisateur. Malgré un ciel perfectible, la Lune supporte de monter à 400x, de nombreux petits cratères apparaissent dans Clavius.

Pour réaliser des images, nous avons utilisé une Powermate 5x portant la focale à 5500 mm bien adaptée à des pixels de 2,9 mm de la Player One Neptune. Cette configuration a permis d'obtenir de bons résultats sur Saturne. La mise au point est assez délicate malgré la démultiplication du porte-oculaire. C'est lié au fait que le miroir primaire est très ouvert (f/4). Il est souhaitable en imagerie de motoriser le porte-oculaire, pour gagner en précision et éviter la vibration du télescope lors des réglages. ☹️



Cette vue de Saturne du 26 novembre résulte de la sélection de 35 % des images prises sur une durée de 40 minutes avec une caméra Player One Neptune. Ci-dessous, le cratère Clavius est issu de la sélection de 15 % d'images prises avec un filtre vert.



La finesse des branches de l'araignée
La transportabilité
Le système de jupe



Absence de résistance chauffante
Livré sans chercheur
Reflets dans le porte-oculaire

NOTRE CONCLUSION

Sevun propose une approche novatrice avec ce télescope modulaire. L'architecture sur rail, la fabrication locale, la réparabilité et la possibilité de faire évoluer la configuration selon les usages en font un instrument singulier, pensé pour durer et accompagner les astronomes dans leur progression. L'exemplaire de présérie testé montre encore quelques défauts que Sevun s'engage à corriger. Il révèle cependant un bon potentiel, aussi bien en ciel profond qu'en planétaire. Il s'adresse en particulier aux astronomes nomades car, une fois démonté, son encombrement est réduit.

NOTATION

Qualité optique	★★★★★
Mécanique du tube	★★★★★
Finition	★★★★★
Observation visuelle	★★★★★
Imagerie planétaire	★★★★★
Imagerie du ciel profond	★★★★★
Rapport qualité/prix	★★★★★

Nous remercions Sevun pour la mise à disposition du matériel et Imagine Optic pour la métrologie.

ENGAGEZ-VOUS POUR LA DIFFUSION DES SAVOIRS



Pour continuer à démocratiser l'accès à l'astronomie, nous avons besoin de vous. Lorsque vous faites un don à l'AFA, vous nous donnez les moyens de poursuivre notre mission et de mettre en place de nouveaux projets.

Pour consulter tous nos événements et soutenir nos actions, rendez-vous sur <https://www.afastronomie.fr/>





**Julien Cadena,
Gaël Cessateur,
Mickael Coulon et
Ludovic Ternissien**

Le collectif de photographes Northern France Remote a exploré le champ autour de LDN 1400 dans la constellation de Persée en pilotant un équipement installé en Espagne. Ce nuage sombre est un filament de poussières interstellaires qui absorbe la lumière des étoiles situées en arrière-plan. Cette vaste région comprend également les nébuleuses obscures Barnard 8-9, 11 et 13, lesquelles dissimulent le rémanent de supernova G150.3+4 visible avec le filtre oxygène III.

***Lunette Takahashi FSQ106 /
Caméra Zeuss Palyer One / 80 h***

Adressez-nous vos photos à :
ouvertlanuit@cieletespace.fr
Merci de nous envoyer vos images à leur résolution maximale, de préférence dans un format JPEG peu compressé.



Cédric Humbert, Charles Robert, Julien de Winter et Victor Sabet

Deux groupes d'observateurs ont collaboré pour obtenir cette photo. Ils ont utilisé deux instruments situés au Texas pour pointer la constellation de la Girafe. La composition juxtapose les nébuleuses sombres LDN 1388 et LBN 1389 avec la région d'émission brillante Sh2 204, créant un beau contraste entre ces objets.

*Télescope Takahashi Epsilon 180-ED
et lunette Askar FRA600 /
Caméras ZWO ASI2600MM Pro et
Player One Poseidon-M*



Didier Plassard

Les sprites se forment au-dessus de certains orages puissants et durent une fraction de seconde. Celui-ci fait partie des plus beaux observés par Didier. La photo a été prise dans le hameau de Scaglioli en Corse du sud le 21 septembre 2025, alors qu'une grosse cellule orageuse se déchainait sur la région de Marseille entre 20 h 30 et 2 h du matin.

*Objectif Samyang 50 mm f/2 /
Sony Alpha 7S / 1/25 s à 48 000 ISO*



Julien de Winter, Victor Sabet, Landon Boehm, Jonthan Hill

Ces treize vues de la comète Lemmon ont été prises entre le 25 septembre et le 30 octobre 2025. Pour les réaliser, le groupe de photographes a utilisé deux instruments installés au Texas et pilotés à distance. La série montre le dynamisme et l'évolution rapide de la comète devenue visible à l'œil nu pendant l'automne 2025.

*Télescope Takahashi Epsilon 180-ED et
lunette Askar FRA600 / Caméra ZWO ASI
6200MC Pro et ASI 2600 MM Pro*



OUVERT LA NUIT







Philippe Tosi

Ce panorama de six images dévoile une aurore boréale d'intensité moyenne en Norvège. La composition avec la montagne est parfaite. Sur la gauche, les lueurs crépusculaires montrent que l'ovale auroral était visible dès le début de la nuit, ce qui n'est pas si fréquent et qui augure en général d'une belle activité en cœur de nuit.

*Sigma Art 20 mm f/1,4 /
Sony Alpha 7s / 1 s à 1600 ISO*



Gwenaél Blanck

Le 12 novembre 2025, une aurore boréale a été observée depuis la France. En soi, ces apparitions sont rares, mais celle-ci a été suffisamment forte pour être vue en pleine ville, comme le montre cette photo prise aux abords de Paris, depuis Saint-Cloud, avec le quartier de la Défense à l'arrière-plan.

*Objectif Nikkor 24-120 f/4 S /
Nikon Z6 / 6 s à 800 ISO et f/5*



Cédric de Decker, Louis Leroux-Géré, Vincent Martin, Thibault Rouillée, Yann Sainty

Cette vue des Pléiades très riche résulte de la collaboration entre Yann Sainty et le collectif d'observateurs Fact. Ils ont combiné des images issues de deux instruments pilotés à distance, l'un au Maroc et l'autre au Texas. Outre les détails sur les nuages centrés sur les Pléiades, leur photo montre les nuages rouges d'hydrogène ténus, mais présents dans cette zone.

*Lunettes Takahashi FSQ 106 EDX4
et Askar FRA400 / Caméras
Player One Poseidon-M Pro et
Zeus-M Pro / 87 h 6 min*



Arnaud Malleva

La nébuleuse orangée LBN 552 diffuse la lumière des étoiles qu'elle contient. Elle est la moins lumineuse du catalogue de nébuleuses brillantes établi par Beverly Lynds en 1965. Elle se trouve à seulement 11° du pôle Nord céleste, dans la constellation de Céphée.

Télescope Takahashi Epsilon 180-ED / Caméra QHY 268 MM / 43 h 26 min

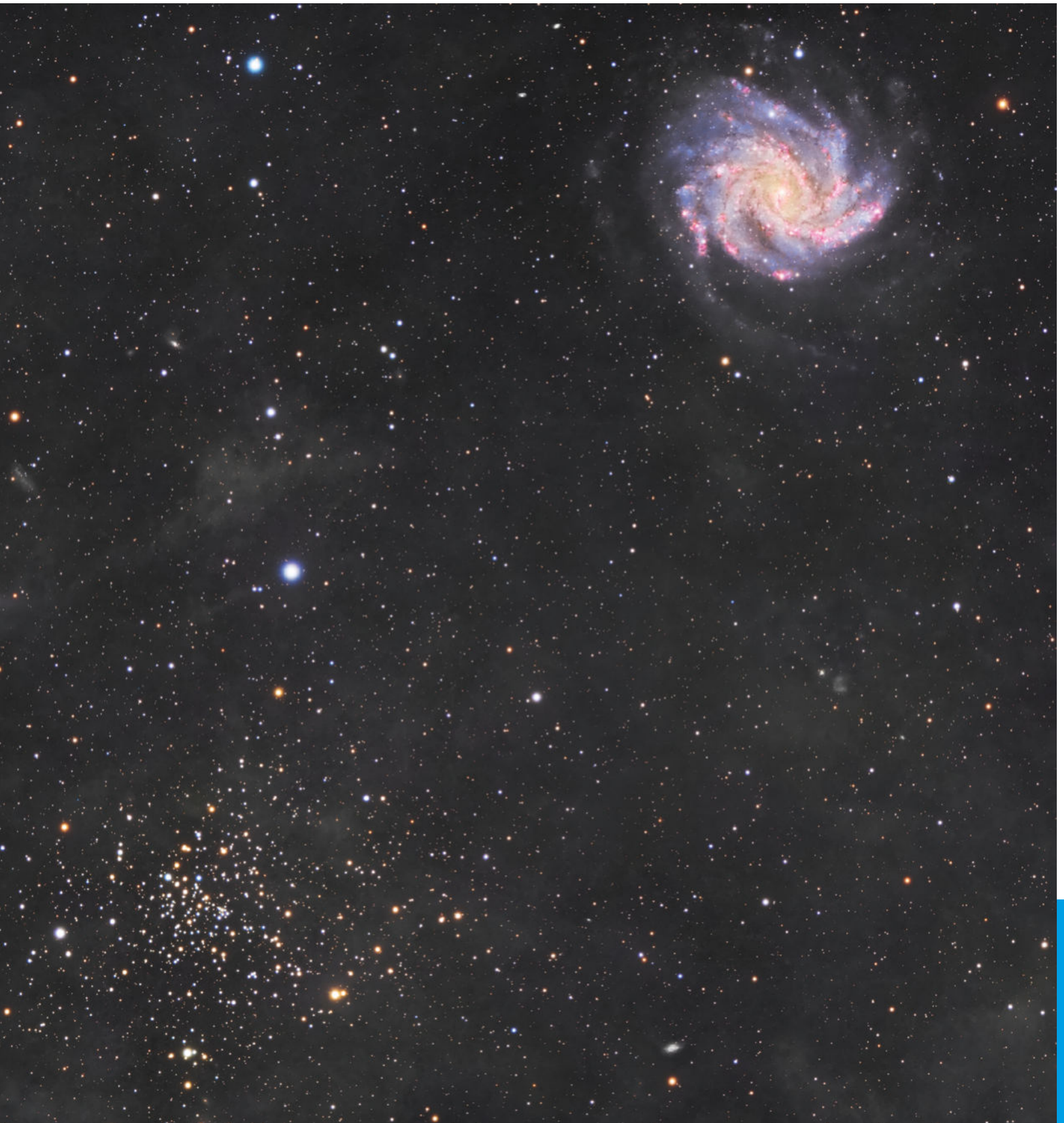


Laurent Barthe

Ce beau cadrage inclut dans le même champ la galaxie du Feu d'artifice NGC 6946 et l'amas ouvert NGC 6939. Le long temps de pose a mis en évidence la nébuleuse à intégration de flux située à l'avant-plan, autrement dit les poussières de notre propre galaxie.

Lunette Tecnosky 115/800 / Caméra ZWO ASI 533 MC / 9 h 15 min





3 FÉVRIER

La Lune est en conjonction avec Régulus à seulement 0,3°.

4 FÉVRIER

À partir de ce soir et dans les deux prochaines semaines, tentez de voir la lumière zodiacale vers l'ouest en début de nuit.

7 FÉVRIER

La comète Wierzechos passe au plus près de la Terre, à 1,3 unité astronomique (200 millions de kilomètres). Il faut attendre encore quelques jours pour l'observer depuis nos latitudes.

16 FÉVRIER

Uranus est à la quadrature est. La période la plus favorable pour l'observer se termine.

17 FÉVRIER

Éclipse annulaire de Soleil visible depuis l'Antarctique!

19 FÉVRIER

Mercure fait une belle apparition dans le crépuscule pendant quelques jours. À l'œil nu et aux jumelles, cherchez-la au-dessus de l'horizon ouest, environ une heure après le coucher du Soleil.

19 FÉVRIER

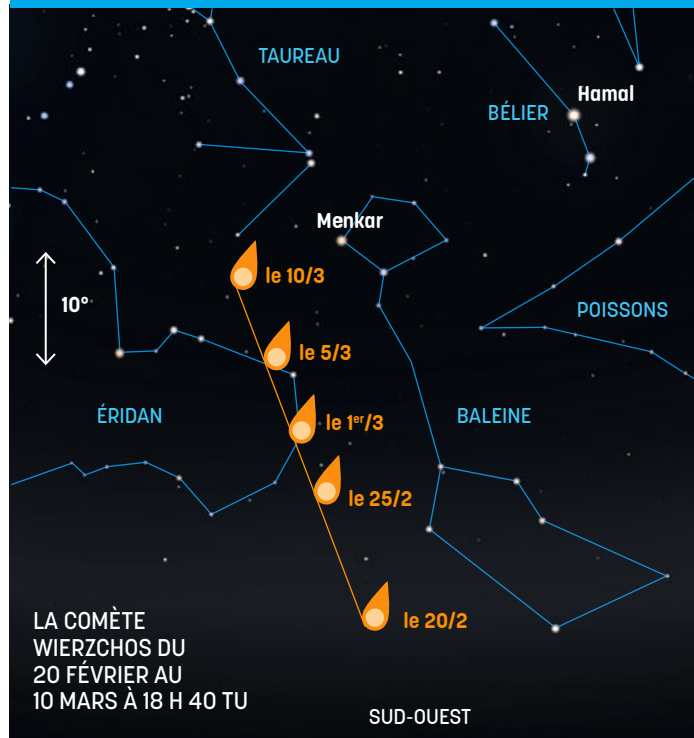
Un fin croissant de Lune est à chercher à 3,5° sous Mercure. Avec Saturne un peu plus haut, les trois astres offrent un beau tableau.

20 FÉVRIER

La phase de la Lune est idéale pour observer la lumière cendrée, le soir à la tombée de la nuit.

UNE COMÈTE DANS LE CIEL DU SOIR

La comète Wierzechos émerge de l'horizon sud-ouest en début de nuit et va gagner en hauteur dans les prochains jours, à mesure que sa magnitude décline peu à peu. Sa magnitude devrait être comprise entre 7 et 9 à cette date.

**27 FÉVRIER**

Vénus est à 4° de Mercure dans le crépuscule. Saturne, à 10°, ferme la pointe d'un triangle rectangle.

27 FÉVRIER

La Lune a basculé à l'est de Jupiter par rapport à la veille.

3 MARS

Éclipse totale de Lune, invisible en Europe, mais observable dans son intégralité depuis la Nouvelle-Calédonie, la Polynésie et Wallis-et-Futuna.

Au Québec, seul le tout début de l'éclipse est visible avant que la Lune ne se couche.

7 MARS

Mercure passe en conjonction inférieure. Elle est inobservable.

15 MARS

Vénus commence à apparaître le soir. Elle est encore assez proche du Soleil, mais l'orientation favorable de l'écliptique permet de la distinguer dans les lueurs du crépuscule.

Horaires en temps universel (TU).
Heure légale = TU + 1 h avant le 29 mars, et TU + 2 h après

18 MARS

Pendant quelques jours autour de l'équinoxe, tentez le marathon de Messier, qui consiste à observer les 110 objets du fameux catalogue en une seule nuit.

21 MARS

La période autour des équinoxes est propice à l'apparition d'aurores boréales. Le cycle solaire est encore proche de son maximum, des incursions aux latitudes moyennes restent possibles.

21 MARS

Massilia passe à l'opposition. L'astéroïde atteint la magnitude 9.

22 MARS

Neptune passe en conjonction avec le Soleil. Elle est inobservable.

25 MARS

Saturne, en conjonction avec le Soleil, est inobservable.

26 MARS

En début de nuit, le quartier de Lune surplombe Jupiter à 5°.

29 MARS

La Lune gibbeuse occulte l'étoile Régulus, ou Alpha du Lion. L'immersion a lieu de jour (au coucher du Soleil), mais l'émergence est visible dans de bonnes conditions. Elle se produit vers 19 h 20 à Paris.

PHÉNOMÈNE À VOIR AVEC

œil nu



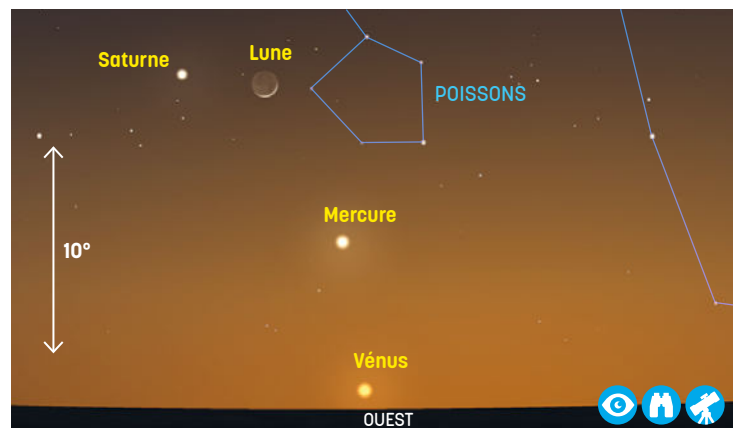
jumelles



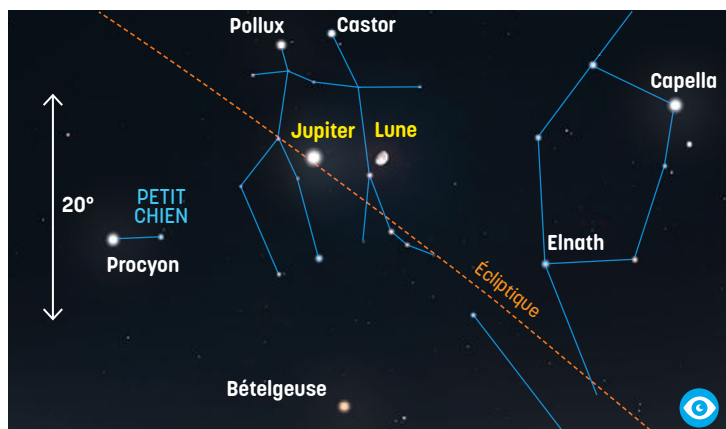
télescope



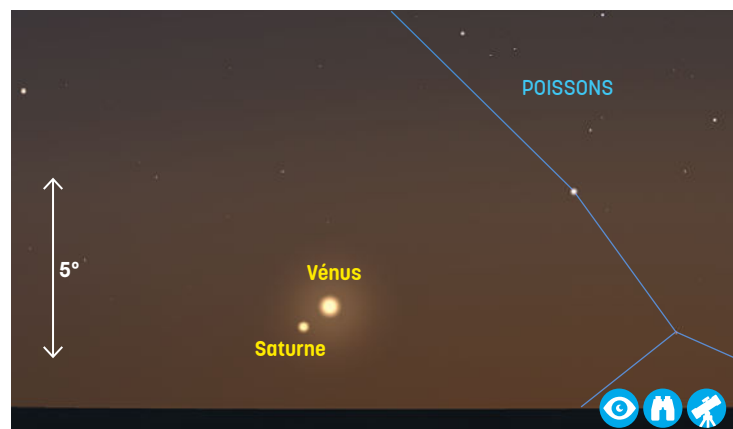
16 FÉVRIER À 18 H 25 TU | Saturne est en conjonction avec Neptune à moins de 1°. Le rapprochement est à observer en tout début de nuit avant que les deux planètes ne se couchent.



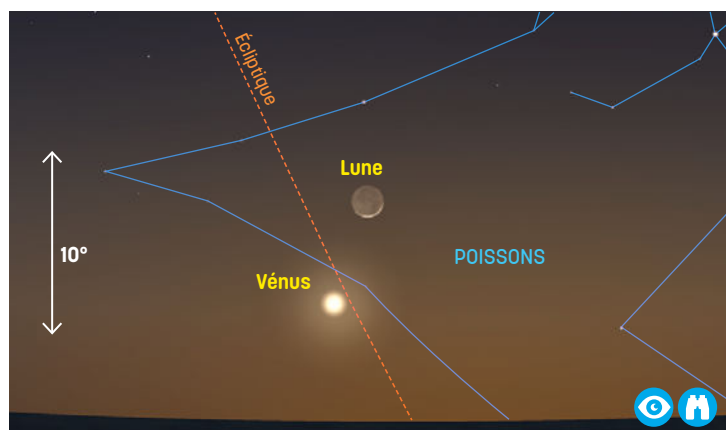
19 FÉVRIER À 18 H TU | En début de nuit, Saturne et la Lune en fin croissant sont à la même hauteur sur l'horizon ouest, à 4° l'une de l'autre. Profitez de cette belle conjonction pour saisir Neptune au télescope toujours à moins de 1° de Saturne.



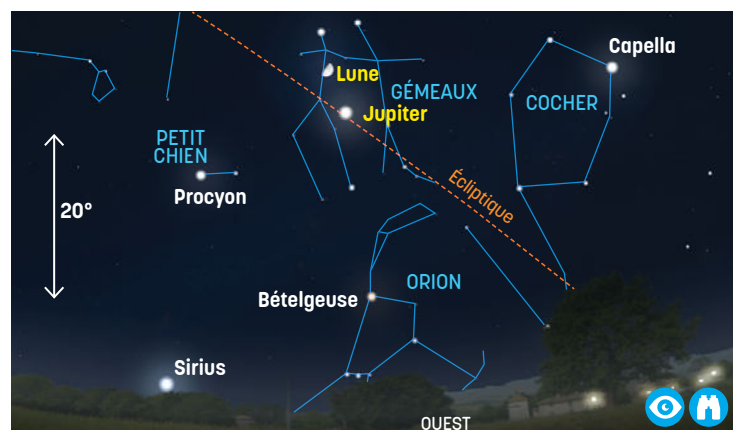
26 FÉVRIER À 23 H 50 TU | La Lune gibbeuse se rapproche de Jupiter au cours de la nuit à 8°. Le rapprochement est également intéressant le lendemain.



8 MARS À 18 H 40 TU | Belle conjonction au crépuscule entre Vénus et Saturne, distantes à moins de 1° sur le ciel. Saturne sera difficile à voir à l'œil nu, mais s'observe sans problème aux jumelles.



20 MARS À 18 H 55 TU | Cherchez à l'œil nu le fin croissant de Lune au-dessus de l'horizon ouest, environ une heure après le coucher du Soleil. Il surplombe Vénus située juste au-dessus de l'horizon.



26 MARS À 21 H 30 TU | Joli rapprochement entre le Premier Quartier de Lune et Jupiter en début de nuit.

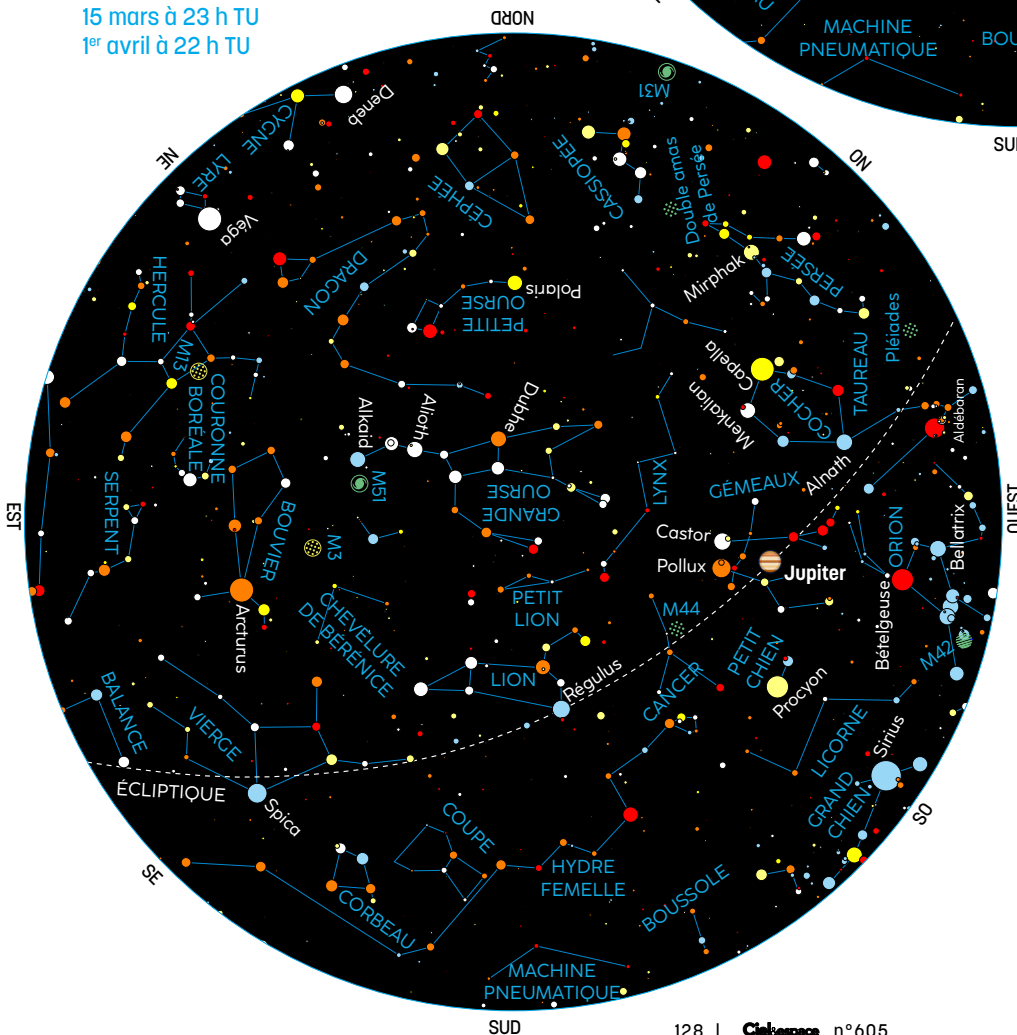
LE CIEL NOCTURNE

CIEL À LA LATITUDE DE CLERMONT-FERRAND (45° 47' N).

Si vous habitez plus au nord, l'Étoile polaire sera plus haute dans le ciel et les étoiles de la partie sud de la voûte céleste seront plus proches de l'horizon (et inversement si vous habitez au sud).

Carte valable le :
1^{er} février à 0 h TU
15 février à 23 h TU
1^{er} mars à 22 h TU

Carte valable le :
1^{er} mars à 0 h TU
15 mars à 23 h TU
1^{er} avril à 22 h TU



LÉGENDE

- Amas ouvert
- Amas globulaire
- Nébuleuse diffuse
- Nébuleuse planétaire
- Galaxie
- ORION Constellation
- Spica Étoile

RETROUVEZ AUSSI NOS
CONSEILS D'OBSERVATION
SUR CIELETSPACE.FR

MERCURE		VÉNUS	
15/2	15/3	15/2	15/3
6,3"	10,6"	10"	10,4"
▲ 7 h 53	▲ 5 h 43	▲ 7 h 48	▲ 7 h 01
▼ 19 h 04	▼ 16 h 55	▼ 18 h 17	▼ 19 h 40
Mv - 0,8	2,1	- 3,9	- 3,9
★★★★	—	—	★★

MARS	JUPITER	SATURNE	URANUS	NEPTUNE
1/3	1/3	1/3	1/3	1/3
4"	42,8"	15,9"	3,6"	2,2"
▲ 6 h 36	▲ 12 h 38	▲ 7 h 45	▲ 9 h 35	▲ 7 h 39
▼ 16 h 42	▼ 4 h 40	▼ 19 h 39	▼ 0 h 55	▼ 19 h 37
Mv 1,1	- 2,4	1	5,8	7,8
—	★★★★	★	★★★	—

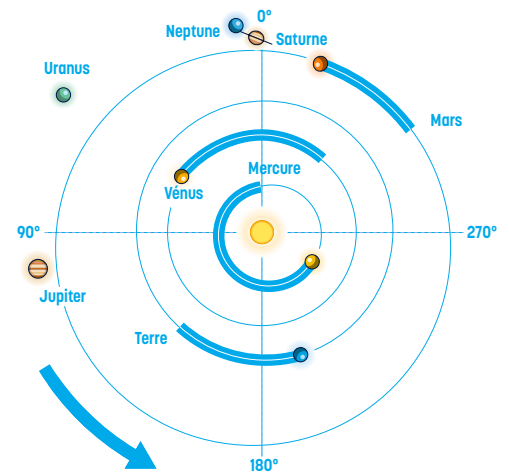
Magnitude : Mv

Taille apparente : xx"

▲ Lever ▼ Coucher en TU

POSITIONS HÉLIOCENTRIQUES

au 31 mars



Mercury, Vénus, la Terre et Mars : la courbe indique leur déplacement depuis le 1^{er} février.

LA LUNE

○ 1^{er} février
Cancer

◐ 9 février
Balance

● 17 février
Verseau

◑ 24 février
Taureau

○ 3 mars
Lion

◐ 11 mars
Sagittaire

● 19 mars
Poissons

◑ 25 mars
Gémeaux

VISIBILITÉ DES PLANÈTES

Mercury émerge de l'horizon ouest le 5 février. Cette belle apparition dure jusqu'au 1^{er} mars. **Vénus**, quant à elle, revient dans le ciel du soir à la mi-février et gagne peu à peu de la hauteur. Angulairement trop proche

du Soleil, **Mars** n'est pas observable aux moyennes latitudes boréales. **Jupiter**, en revanche, vient de passer à l'opposition en janvier. Elle est donc toujours idéalement située. **Saturne** est toujours visible en

février, mais va s'effacer dans le crépuscule début mars.

Uranus est bien observable en début de nuit. **Neptune** est située à côté de Saturne. Elle est donc logée à la même enseigne qu'elle.



En février,
vers 20 h
heure légale

ABÎME COSMIQUE

Dans le ciel d'hiver, il est possible d'observer les objets les plus lointains visibles à l'œil nu. Que ce soit dans le Système solaire, notre galaxie ou l'Univers.

Philippe Henarejos

En début de nuit, il est facile d'apercevoir au sud-ouest l'amas des Pléiades au-dessus de l'étoile brillante Aldébaran. À quelques degrés en dessous et à droite, si vous avez une très bonne vue, vous remarquerez un trio d'astres de faible éclat, à la limite de la visibilité à l'œil nu, presque alignés. Le plus éloigné, à droite, est Uranus. C'est la plus lointaine planète du Système solaire perceptible à l'œil nu, à quelque 2,8 milliards de kilomètres. Tournez-vous

vers la droite : près du bord droit du W de Cassiopée, brille un astre jaune de magnitude 4,5 : c'est Rhô de Cassiopée, l'étoile la plus lointaine visible à l'œil nu, à 3 400 années-lumière. Enfin, pile au-dessus de vous, au-dessus de l'étoile Mirach (magnitude 2), sous un ciel bien noir, vous pouvez discerner le halo ovale de la galaxie M 31, le plus lointain objet visible à l'œil nu dans l'Univers : 2,5 millions d'années-lumière. Une perception de l'abîme cosmique...

JE VOYAGE **AVEC L'AFA**

CHILI voyage astronomique dans l'Atacama
Du 2 au 13/10/2026

© E. Martin / C&E

Retrouvez tous nos voyages sur
www.afastronomie.fr

Départ suivant : Toscane, sur les traces de Galilée du 11 au 16 octobre 2026

Le 12 août 2026 le Soleil s'éclipse



Rendez-vous sur **eclipseinfo.fr**

Retrouvez toutes les informations sur cet événement unique :
horaires, zones de visibilité, conseils d'observation, lunettes éclipse et ressources pédagogiques

LES NUITS de l'équinoxe

Prolongez l'expérience chez vous
avec notre veillée aux étoiles.

Rendez-vous sur
www.afastronomie.fr/veillees/

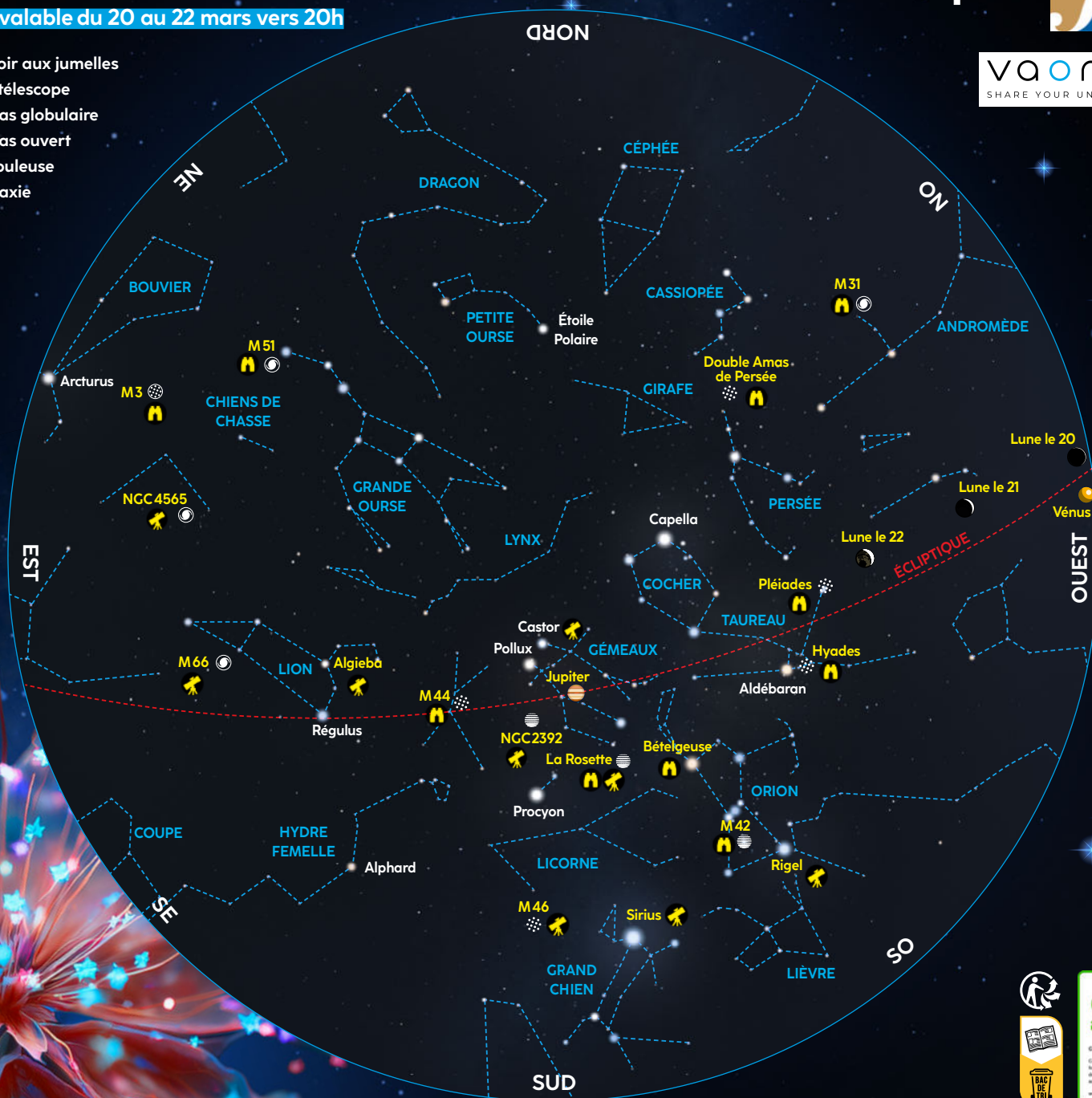
Ciel&espace



vaonis
SHARE YOUR UNIVERSE

Carte valable du 20 au 22 mars vers 20h

- A voir aux jumelles
- Au télescope
- Amas globulaire
- Amas ouvert
- Nébuleuse
- Galaxie



Jupiter et ses
satellites les 20, 21
et 22 mars à 20 h 15
heure légale



Animations coordonnées
par l'Association
française d'astronomie, la
revue *Ciel & espace*, avec
le soutien de Vaonis,
de la Direction de la
jeunesse, de la vie
associative et de
l'éducation populaire.
Toutes les activités,
manifestations sont sur
www.afastronomie.fr



20, 21 et 22 mars 2026

LES NUITS de l'équinoxe



Retrouvez
toutes les activités
et manifestations sur
www.afastronomie.fr

Ciel&espace



vaonis
SHARE YOUR UNIVERSE